

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
приладобудівний факультет  
кафедра приладів і систем неруйнівного контролю**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ А.Г. Протасов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра  
зі спеціальності  
151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
на тему: «Дефектоскоп з віддаленою обробкою даних»**

Виконав:  
студент II курсу, групи ПК-81мп  
Миргородський Олександр Олександрович

\_\_\_\_\_

Науковий керівник:  
Доцент, к.т.н., доцент,  
Петрик В.Ф.

\_\_\_\_\_

Консультант з розроблення стартап-проекту:  
Доцент, д.е.н., доцент,  
Бояринова К.О.

\_\_\_\_\_

Рецензент:  
Доцент, к.т.н., доцент,  
Філіппова М.В.

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Приладобудівний факультет

Кафедра приладів і систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою  
Спеціальність (спеціалізація) – 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (комп'ютерно-інтегровані технології та системи неруйнівного контролю).

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Протасов А.Г.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Миргородському Олександровичу**

1. Тема дисертації «Дефектоскоп з віддаленою обробкою даних», науковий керівник дисертації Петрик Валентин Федорович, доцент, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_
2. Термін подання студентом дисертації \_\_\_\_\_
3. Об'єкт дослідження: процес ультразвукового неруйнівного контролю
4. Предмет дослідження: методи та засоби передачі та приймання сигналу від датчика за допомогою бездротових каналів зв'язку та подальшої реконструкції сигналу за допомогою смартфона.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: розглянути вже існуючі підходи до розробки бездротових дефектоскопів; розробити апаратну частину дефектоскопу; розробити програмну частину дефектоскопу; дослідити отриману розробку та зробити висновки, щодо розвитку використання саме такого підходу до створення дефектоскопів.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

---

---

---

7. Орієнтовний перелік публікацій. 3 наукові праці, з яких: 1 стаття та 2 тези.

8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проекту	Бояринова Катерина Олександрівна		

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Формування завдання магістерської дисертації	01.10.2019	
2	Пошук патентів, що використовують бездротові технології в неруйнівному контролі	03.10.2019	
3	Аналітичний огляд методів бездротової передачі даних в неруйнівному контролі	08.10.2019	
4	Розробка та налаштування експериментального дефектоскопу	25.10.2019	
5	Налагодження програмного забезпечення розробленого дефектоскопу	05.11.2019	
6	Проведення експериментів та дослідження розробленого приладу	20.11.2019	
7	Обробка результатів експериментів та формування звітів	27.12.2019	
8	Формулювання висновків, щодо доцільності використання розробленого дефектоскопу в задачах неруйнівного контролю	04.12.2019	

Студент

О.О. Миргородський

Науковий керівник дисертації

В.Ф. Петрик

\* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

## **Реферат**

### **Ключові слова**

Ультразвуковий дефектоскоп, дефектоскоп з bluetooth зв'язком, смартфон, бездротова передача даних, неруйнівний контроль, ультразвук, бездротові мережі.

### **Актуальність теми**

На сьогоднішній день бездротові технології передачі даних стали невід'ємною частиною нашого життя. Вони знайшли широке застосування серед споживачів як звичайної, так і професійної техніки. Винятком не став і неруйнівний контроль.

Якщо розглянути існуючі прилади та системи неруйнівного контролю в яких використовується бездротова передача даних то побачимо, що в абсолютній більшості з них такі технології використовуються в якості допоміжних, та не використовуються для передачі необроблених даних про об'єкт контролю.

В даній роботі бездротові технології використовуються не просто для передачі звітів про стан об'єкта контролю, а за допомогою них організовано «спілкування» сенсору з первинним перетворювачем і блока приймання та обробки інформації. В роботі таким блоком виступає смартфон.

Смартфон як комплексний пристрій на сьогоднішній час має високі обчислювальні можливості, повний набір найрозповсюдженіших технологій бездротового підключення, а також гнучку програмну оболонку. Саме ці переваги даного типу пристроїв дозволяє використовувати їх в задачах неруйнівного контролю.

Суть даної роботи полягає в розробці дефектоскопу з бездротовим каналом передачі даних про стан об'єкту контролю на смартфон. Де ці дані буде оброблено та виведено на головний дисплей для винесення рішення про наявність дефектів в контрольованому об'єкті.

## **Мета та завдання дослідження**

Мета дослідження це – створення можливості використання бездротових технологій передачі даних з сучасними методами обробки та представлення інформації у задачах неруйнівного контролю.

Аналіз використання смартфонів при проведенні неруйнівного контролю, як засобу швидкої обробки та структурування отриманих результатів.

### **Об'єкт дослідження**

Об'єкт дослідження – процес ультразвукового неруйнівного контролю.

### **Предмет дослідження**

Предмет дослідження – методи та засоби передачі та приймання сигналу від датчика за допомогою бездротових каналів зв'язку та подальшої реконструкції сигналу за допомогою смартфона.

### **Наукова новизна**

- Розроблено дефектоскоп з використанням сучасних методів прийому та передачі даних з використанням бездротових технологій;
- В якості блоку прийому та обробки інформації використано систему побудовану на чіпсеті з архітектурою ARM;
- Реалізовано одночасну обробку даних про стан об'єкту контролю на двох та більше пристроях.

## **Summary**

### **Keywords**

Ultrasonic flaw detector, bluetooth detector, smartphone, wireless data transmission, non-destructive testing, ultrasound, wireless networks.

### **Actuality of theme**

Today, wireless data technologies have become an integral part of our lives. They are widely used by consumers of both conventional and professional equipment. The exception was not non-destructive control.

If we look at existing non-destructive devices and systems that use wireless data transmission, we will see that in the vast majority of them, such technologies are used as ancillary and not used to transmit raw data about the object of control.

In this work, wireless technologies are used not only to transmit reports on the state of the object of control, but they also help to "communicate" the sensor with the primary converter and the unit of reception and processing of information. In this work, this unit is a smartphone.

The smartphone as a complex device today has high computing capabilities, a complete set of the most widespread technologies of wireless connection, as well as a flexible software shell. It is these advantages of this type of devices that allow them to be used in non-destructive testing tasks.

The essence of this work lies in the development of a flaw detector with a wireless channel for transmitting data about the state of the object of control to a smartphone. Where this data will be processed and displayed on the main display to determine the presence of defects in the controlled entity.

The purpose and objectives of the study

The purpose of the study is to create the possibility of using wireless data technologies with modern methods of processing and presenting information in non-destructive control tasks.

Analysis of the use of smartphones in non-destructive testing as a means of rapid processing and structuring of the results obtained.

**Object of study**

The object of study is the process of ultrasonic non-destructive testing.

**Subject of study**

The subject of the study is methods and means of transmitting and receiving a signal from a sensor using wireless communication channels and further reconstruction of the signal by a smartphone.

**Scientific novelty**

- Defectoscope developed using modern methods of receiving and transmitting data using wireless technologies;
- An ARM-based chipset system was used as the receiving and processing unit;
- Simultaneous processing of control object status data on two or more devices.

## Зміст

Перелік умовних позначень.....	10
Вступ.....	11
Постановка завдання.....	12
Приклади патентів з використанням модулів бездротової передачі даних: ...	13
Мета та завдання дослідження .....	13
1. Розгляд методів неруйнівного контролю.....	14
1.1 Вибір методу неруйнівного контролю для використання в досліджуваному дефектоскопі .....	14
1.1.1 Принципи, переваги та недоліки ультразвукового контролю .....	14
1.1.2 Розглянемо принципи, переваги та недоліки вихрострумowego контролю .....	16
1.2 Висновок до розділу.....	19
3. Вибір методу бездротової передачі даних .....	21
3.1 Огляд технологій бездротової передачі даних .....	21
3.1.1 Технологія бездротової передачі даних Wi-Fi.....	21
3.1.2 Бездротова технологія Bluetooth .....	23
3.1.3 Технологія GSM .....	24
3.2 Способи передачі даних за допомогою технології GSM .....	25
3.3 Приклади патентів та приладів з використанням GSM модулів .....	27
3.4 Обґрунтування вибору Bluetooth технології для сполучення сенсора зі смартфоном .....	29
4. Розробка складових дефектоскопу .....	30
4.1 Опис структурної схеми приладу.....	30
4.3 Опис складових ультразвукового сенсору з бездротовим інтерфейсом	31
4.4 Дослідження розробленого дефектоскопу.....	33
4.5 Висновки до розділу.....	47
5. Розроблення стартап-проекту «Дефектоскоп з віддаленою обробкою даних» .....	48
5.1 Опис ідеї проекту .....	48
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту .....	50



5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	51
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту .....	60
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту .....	62
5.6 Висновки до розділу.....	65
Висновки.....	67
Список використаної літератури .....	68

## **Перелік умовних позначень**

ОК – об’єкт контролю

ЕРС – електрорушійна сила

ВСП – вихрострумний перетворювач

УЗНК – ультразвуковий неруйнівний контроль

УЗ – ультразвук

ПЕП – п’єзо-електричний перетворювач

МВС – метод вихрових струмів

МК – мікроконтролер

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

## Вступ

Сучасний розвиток техніки дозволяє знаходити нове застосування технологіям, що використовуються для прийому, обробки та передачі даних по бездротовим каналам зв'язку. В тому числі і при вирішенні задач неруйнівного контролю.

Метою даної роботи є створення мобільного дефектоскопу з автоматизованим каналом збору даних з використанням бездротових інтерфейсів для передачі результатів контролю на значні відстані, починаючи від 1 метру та закінчуючи сотнями кілометрів, для подальшої обробки та зберігання результатів проведеного контролю.

Для передачі даних на значні відстані зараз існує дуже багато протоколів та устаткування, але для передачі даних саме у неруйнівному контролі використовуються декілька найпоширеніших. Таких як протокол Bluetooth, Wi-Fi, та інші протоколи передачі даних, що використовують стільникові оператори зв'язку. Проблема передачі даних про результат проведеного контролю на великі відстані є досить актуальною. Адже не завжди проаналізувати дані проведеного контролю «на місці» можливо (наприклад віддалені ділянки трубопроводу). Технології віддаленої обробки інформації зараз широко застосовуються в дефектоскопах та товщиномірах, (наприклад ВД - 90 НП) але більшість з них має невелику дальність передавання сигналу, яка правило до 100 метрів. У даній роботі представлено сучасне вирішення проблеми передачі даних на великі відстані без застосування додаткового, специфічного обладнання.

Що стосується саме неруйнівного контролю, при застосуванні передачі даних через бездротові інтерфейси висуваються специфічні вимоги до затримок при передачі даних, адже нормально проводити контроль з затримками в декілька секунд неможливо, тому в даній роботі буде розглянуто саме використання таких алгоритмів обробки сигналу, при якому затримки будуть мінімальні.

## Постановка завдання

Виникла необхідність у виготовленні та дослідженні дефектоскопу з бездротовим каналом передачі зв'язку, використання потужностей та гнучкості сучасних алгоритмів програмної обробки та для підвищення зручності роботи з приладами неруйнівного контролю. На рис. 1 наведено типову структурну систему дефектоскопу з каналом бездротової передачі даних.

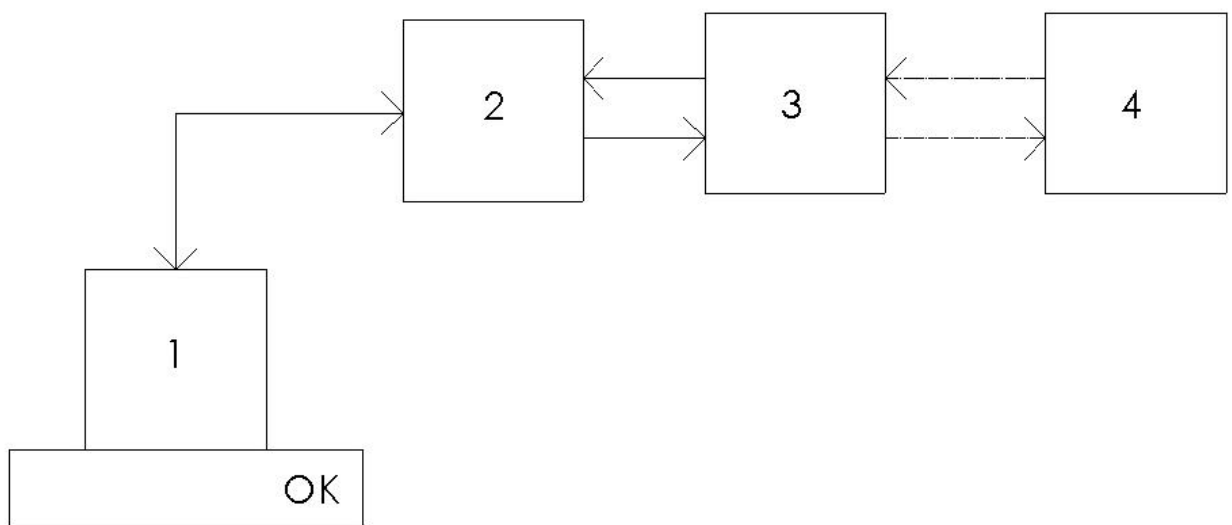


Рис.1 Типова структурна схема дефектоскопу з бездротовим каналом передачі даних: ОК - об'єкт контролю, 1 – первинний перетворювач, 2 – блок управління, 3 - модуль, що реалізує один або декілька способів передачі даних по бездротовим каналам зв'язку, 4 – блок прийому та обробки інформації від сенсору

В даній роботі було розглянуто найпоширеніші способи бездротової передачі даних та запропоновано рішення даної проблеми з використанням сучасних технологій, що реалізують одразу декілька способів передачі даних для можливості використання в самих різних ситуаціях .

## **Приклади патентів з використанням модулів бездротової передачі даних:**

### **1. Мобільний ультразвуковий дефектоскоп: пат. 119536 UA. [1]**

Корисна модель описує передачу даних про стан ОК від сенсору до комп'ютера через бездротовий канал GSM.

### **2. Спосіб неруйнівного контролю об'єктів та речовин: пат. 50968 UA. [2]**

Спосіб передачі даних від сенсору, що відрізняється використанням бездротового каналу зв'язку.

### **3. Ультразвуковий безпроводний дефектоскоп: пат. 50632 UA. [3]**

Корисна модель описує базову структуру мобільного УЗ сенсору, а саме структурний зв'язок блоку управління сенсором з первинним перетворювачем та генератором сигналів та bluetooth модулем.

## **Мета та завдання дослідження**

Метою даного дослідження є – створення можливості використання бездротових технологій передачі даних з сучасними методами обробки та представлення інформації у задачах неруйнівного контролю.

Аналіз використання смартфонів при проведенні неруйнівного контролю, як засобу швидкої обробки та структурування отриманих результатів.

Об'єкт дослідження – процес ультразвукового неруйнівного контролю.

Предмет дослідження – методи та засоби передачі та приймання сигналу від датчика за допомогою бездротових каналів зв'язку та подальшої реконструкції сигналу за допомогою смартфона.

# **1. Розгляд методів неруйнівного контролю**

## **1.1 Вибір методу неруйнівного контролю для використання в досліджуваному дефектоскопі**

Розглянемо два найпоширеніших методи неруйнівного контролю, а саме ультразвуковий та вихрострумовий.

### **1.1.1 Принципи, переваги та недоліки ультразвукового контролю**

Ультразвуковий контроль є одним з найбільш розповсюджених методів неруйнівного контролю, адже може бути використаний майже на будь-якому матеріалі, майже будь-якої форми. Суть даного методу контролю полягає в тому, що в ОК вводяться акустичні імпульси високою частоти, які проходячи його віддзеркалюються від дефектів та надходять на приймаючий перетворювач. Після чого дані з датчика підсилюються та оцифровуються. Далі дефектоскопіст робить висновки, щодо глибини залягання дефектів та їх розмірів. Такі висновки можна зробити визначивши час за який УЗ імпульс дійшов до дефекту та проаналізувавши амплітуду імпульсу, що повернувся від дефекту. Нажаль точно визначити форму та розміри дефекту при використанні УЗНК неможливо. Крім того деякі дефекти через їх розмір, форму або розташування в ОК виявити УЗ методом контролю взагалі неможливо.

Ультразвуковий неруйнівний контроль є також досить безпечним для медичного використання, тобто досліджень тіла людини. Так всі ми знаємо, що таке УЗД. За допомогою УЗНК можна досліджувати стан кісток, внутрішніх органів, судин.

Для використання УЗНК повинні бути забезпечені необхідні умови, а саме наявність контактної рідини між первинним перетворювачем та ОК, та підтримання відносно постійної температури об'єкта контролю. Контактна рідина необхідна для передачі УЗ коливань з ПЕП до ОК, адже акустичний імпеданс повітря дуже високий і при відсутності контактної рідини(води, гліцерину, тощо) акустичні хвилі миттєво згаснуть. При проведенні контролю

вертикальних поверхонь забезпечують, або постійний потік контактною рідини, або використовують густі рідини, які швидко не стікають з ОК. Забезпечення відносно постійної температури ОК необхідно для підтримання стабільної швидкості УЗ в ОК. Адже при коливанні температури ОК результати контролю будуть не достовірними.

Розглянемо найпоширеніші перетворювачі, що використовуються в ультразвуковому контролі, а саме контактні перетворювачі.[4]

Під контактним перетворювачем розуміється п'єзопластина, що використовується для введення ультразвуку в ОК. Контактні перетворювачі розрізняють за схемами включення, суміщеною, роздільною, роздільно-суміщеною. На рис.2 зображено основні типи конструкції ультразвукових перетворювачів.

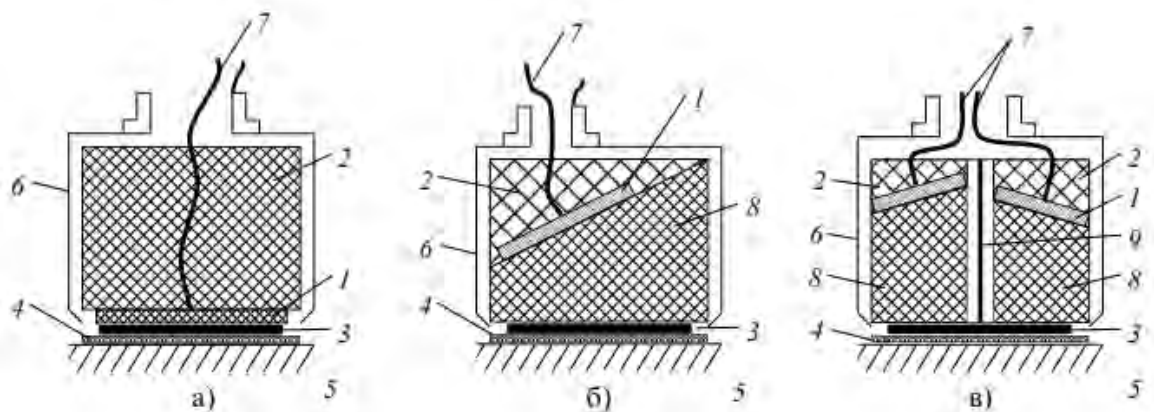


Рис. 2 Конструкція ультразвукових перетворювачів: а) прямий;  
б) похилий; в) роздільно-суміщений.

П'єзопластина 1 в контактному прямому та суміщеному перетворювачі (рис. 2а) приклеєна або притиснута до демпфера 2, та – до протектору 3. Склеєні елементи розміщують в корпусі 6. З дефектоскопом датчик з'єднується за допомогою виводів 7. За допомогою контактної рідини 4 ультразвукові коливання передаються до ОК 5 та навпаки.

Перетворювачі, що збуджують поздовжні хвилі навивають – прямими. Похилий контактний перетворювач (рис. 2б) використовує призму 8 для введення ультразвуку під кутом до поверхні ОК. Перетворювачі, що використовують такий тип конструкції використовуються для збудження зсувних та поверхневих хвиль. Контактні роздільно-суміщені перетворювачі (рис. 2в) мають у своїй конструкції дві призми 8 з фіксованими на них п'єзопластинами 1, які розділені електроакустичним екраном 9. Електроакустичний екран потрібен для того, щоб не допустити прямої передачі сигналів від випромінювача до приймача, що яка підключено до підсилювача електронного блоку дефектоскопа.

### **1.1.2 Розглянемо принципи, переваги та недоліки вихрострумowego контролю**

Суть вихрострумowego методу неруйнівного контролю полягає в тому, що при розміщенні об'єкта контролю в електромагнітному полі котушки (рис. 3) в ОК утворюються вихрові струми, їх можна уявити як замкнуті кола. Ці кола індуктивно зв'язані з котушкою, тому по зміні її комплексного опору можна судити про стан та властивості ОК [5].

Серед переваг даного методу неруйнівного контролю є простота, та швидкість його проведення. Навідміну від УЗНК вихрострумовой метод не потребує застосування контактних рідин. За допомогою даного методу контролю можливо проводити дослідження ОК навіть на достатньо великій швидкості. Під час дослідження датчик може взагалі не контактувати з ОК, а знаходитися на деякій відстані (близько декількох долей міліметра).



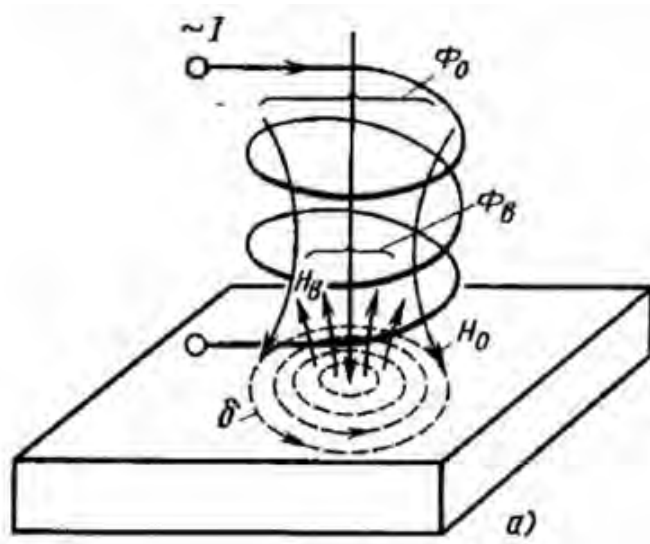


Рис.3 Схема роботи вихорструмового перетворювача

Існує кілька методів вихорструмового контролю (ГОСТ 24289-80):

- Амплітудний;
- Фазовий;
- Частотний;
- Багаточастотний;
- Спектральний.

Найбільш розповсюдженими методами є амплітудний та частотний.

Амплітудний метод заснований на реєстрації зміни амплітуди сигналу на параметричному датчику через вплив на нього вихрових струмів. Цей метод є найрозповсюдженішим та одним з найбільш використовуваних через те, що він дуже простий у реалізації. Але в нього є деякі недоліки, що зв'язані з матеріалом ОК. Якщо при контролі об'єкту на датчику змінюється не тільки амплітуда, а й фаза чи тим більш частота, то такий спосіб контролю є дуже не точним та не забезпечить необхідної точності.

Частотний метод як можна здогадатися з назви заснований на вимірі зміни частоти при дослідженні ОК. Хоча такий метод дозволяє контролювати

металеві вироби в яких вихрові струми змінюють не тільки амплітуду сигналу на ВТП, такий метод потребує значно ускладненої елементної бази приладу, що приводить до значних ускладнень розробки.

Перевагами вихрострумowego контролю є:

1. Через особливості природи сигналу, що обробляється з'являється можливість легко автоматизувати контроль;
2. Простота контролю;
3. Немає необхідності контактування датчику та ОК, як механічно так і електрично;
4. При проведенні контролю ОК може доволі швидко рухатися, що дозволяє збільшити швидкість проведення контролю;
5. ОК може мати доволі значну величину шорсткості поверхні;
6. Не потребує ніяких контактних рідин, чи спеціальних екранувань для проведення контролю.

В якості первинного перетворювача використовується звичайна котушка індуктивності, одна або декілька (рис. 4).

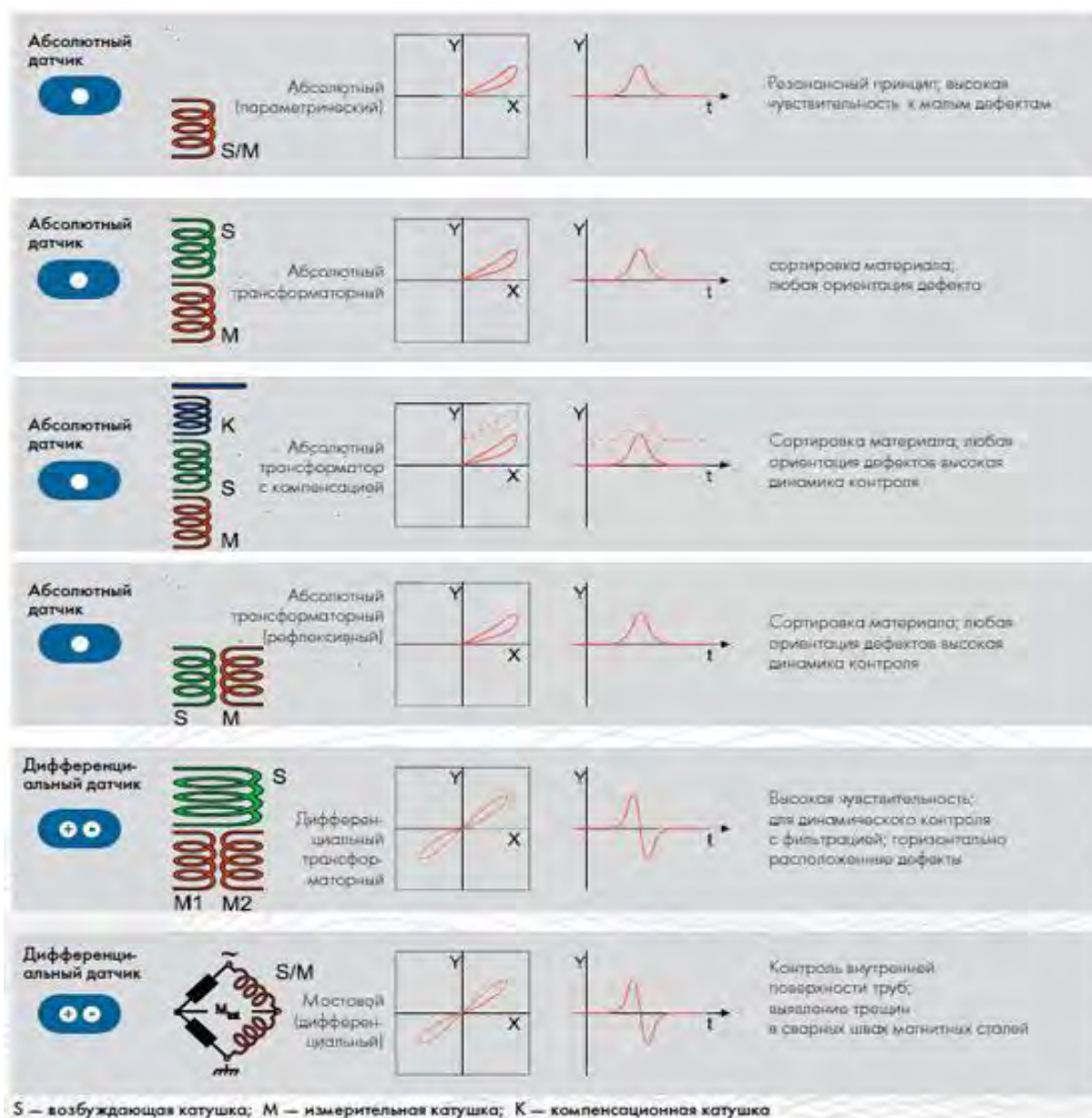


Рис. 4 Види вихрострумових датчиків

Одним з найбільш розповсюджених перетворювачів є диференціальний трансформаторний перетворювач, через його високу чутливість та перешкодостійкість.

## 1.2 Висновок до розділу

Якщо розглянути недоліки та переваги показаних методів контролю, то прийдемо до висновку, що кожен з запропонованих методів може бути використаний при реалізації поставленої задачі. Проте, використання вихрострумового контролю може спотворити результати експерименту, так як

даний метод контролю є більш простим у реалізації та повністю не покаже потенціал розроблюваної системи. Тому було вирішено використовувати ультразвуковий метод контролю. Хоча при його використанні підвищуються вимоги до сенсору з первинним перетворювачем, саме цей метод покаже, що використання смартфона в дефектоскопії є перспективним.

### **3. Вибір методу бездротової передачі даних**

#### **3.1 Огляд технологій бездротової передачі даних**

На теперішньому етапі розвитку провідне підключення периферії до блоку обчислення інформації витісняється бездротовим підключенням. Що закономірно, адже такий спосіб передачі даних є більш гнучким у використанні, має достатню захищеність та є дуже зручним у використанні. У цій роботі ми розглянемо декілька технологій бездротової передачі даних, що знайшли найбільше поширення. А саме технології Bluetooth, Wi-Fi, GSM (та її ідейного продовжувача, технологію UMTS). Чому саме ці технології було розглянуто, адже є багато інших не менш перспективних технологій бездротовою передачі даних? Дані технології було обрано, адже однією зі складових пропонованого рішення, щодо розробки приладу неруйнівного контролю є смартфон. А всі смартфони обладнуються саме цими модулями для прийому та передачі даних по бездротовому каналу зв'язку.

##### **3.1.1 Технологія бездротової передачі даних Wi-Fi**

Технологія передачі даних Wi-Fi заснована на стандарті IEEE 802.11.[6] Розглянемо три основні види даного стандарту – 802.11a, 802.11b, 802.11g. Різниця в даних стандартах полягає в використанні різного діапазону частот та різних видах модуляції:

1. 802.11a – діапазон 5 ГГц модуляція з використанням OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing);
2. 802.11b – діапазон 2.4 ГГц модуляція DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum);
3. 802.11g – діапазон 2.4 ГГц модуляція з використанням OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing).

Найбільше розповсюджений стандарт 802.11n, що який зворотно сумісний зі стандартами 802.11a/b/g. [7]

Як правило Wi-Fi мережі створені з однієї або декількох точок доступу, та одного, а зазвичай декількох клієнтів. З використанням технології Wi-Fi можливе підключення двох клієнтів між собою, без використання мережевих адаптерів, такий режим називається точка-точка (Ad-hoc). Спосіб підключення клієнта до точки можливо описати так, точка доступу надає свій ідентифікатор мережі (SSID - Service Set Identifier ) за допомогою сигнальних пакетів на швидкості 0,1 Мбіт/с кожні 100 мс. Саме тому найменша швидкість передачі даних за допомогою технології Wi-Fi – 0,1 Мбіт/с. Коли SSID мережі відомий, клієнт може побачити, чи можливо підключення до мережі використовуючи дану точку доступу. В ситуації, коли клієнт потрапляє в зону сигналу двох точок доступу з однаковим SSID, користувач може обирати між ними використовуючи за орієнтир рівень сигналу кожної з них. Серед переваг стандарту Wi-Fi є повна свобода при визначенні клієнтом критеріїв з'єднання.

Однак, даний стандарт не описує всі нюанси побудови бездротових мереж Wi-Fi, тому кожен виробник бездротового устаткування вирішує цю задачу по-своєму, використовуючи підходи до формування даних мереж, які вважає за потрібне з тих, чи інших переконань. Серед таких умов виникає необхідність класифікації побудови бездротових локальних мереж Wi-Fi.

Точки доступу умовно можливо поділити за способом об'єднання в єдину систему:

1. Самостійні точки доступу;
2. Централізовані точки доступу, працюють під наглядом контролера
3. Безконтролерні точки доступу, але не автономні (управління відбувається без участі контролера).

Також бездротові мережу можна поділити за способом організації радіоканалів та їх управління:

1. Радіоканали мають статичні, фіксовані налаштування;

2. Радіоканали мають динамічні налаштування;
3. Радіоканали, що мають багат шарову структуру.

Своє використання така технологія бездротової передачі даних знайшла й у неруйнівному контролі. В [8,9] наведено структурну схему дефектоскопу з використанням даної технології. Проведено аналіз сильних та слабких сторін технології в задачах неруйнівного контролю.

### **3.1.2 Бездротова технологія Bluetooth**

Бездротова технологія Bluetooth заснована на стандарті IEEE 802.15.1 та є першою технологією, що дозволила реалізувати бездротову персональну мережу[10]. За допомогою такої технології з використанням антени сигнал можливо передавати на відстань до 300м[11]. Даний стандарт бездротової передачі даних використовується в компактних системах зв'язку, та працює на невеликій відстані. Як правило модулем з такою технологією обладнуються ноутбуки, нетбуки, електронні планшети, смартфони, медіа плеєри, тощо. Також такий стандарт використовується й у задачах неруйнівного контролю[12-16].

Bluetooth – це радіо інтерфейс, що характеризується: низьким енергоспоживанням (1 мВт потужність передавача), передачею даних в режимі реального часу. Радіо інтерфейс досить довго мав невеликий радіус дії, що становив 10 м., однак зараз специфікацією Bluetooth вже визначена й друга зона близько 100 м. Для роботи Bluetooth використовується нижній (2,45 ГГц) діапазон ISM (industrial, scientific and medical). Частотний діапазон, що призначений для роботи промислових, наукових і медичних приладів. Радіоканал, що використовує технологія Bluetooth 2.0 має пропускну здатність в 1 Мб/с. За таких умов можливо створити асиметричний канал передачі даних зі швидкістю 723,3/57,6 Кб/с або виконати канал, що реалізує однакову швидкість на прийом та передачу даних, так званий дуплексний канал, зі швидкістю в 433,9 Кб/с. За допомогою з'єднання Bluetooth 2.0 можна передавати до 3-х дуплексних каналів по 64 Кб/с у кожному напрямку.

Технологія Bluetooth використовує сигнали з розширенням спектра шляхом ступінчатої перебудови частоти (FHSS) за псевдовипадковим законом зі швидкістю 1600 перемикачів в секунду на смузі 2400-2483,5 МГц.[17]

### **3.1.3 Технологія GSM**

Технологія GSM (Groupe Special Mobile, пізніше Global System for Mobile Communications) – всесвітній стандарт для мобільного стільникового зв'язку, з використанням одного з методів доступу розрахованого на багатьох користувачів, а саме методу TDMA (Time Division Multiple Access) та високим ступенем захисту завдяки використанню шифрування з відкритим ключем. Даний стандарт був розроблений Європейським інститутом стандартизації електрозв'язку (ETSI) в кінці 80-х років.[18]

Прилади та системи, що реалізують неруйнівний контроль також використовують технологію GSM для трансферу даних від первинного перетворювача до блоку обробки. [19-22]

Для зв'язку в даному стандарті використовуються дві основні частоти 900 и 1800 МГц.

Для відправки та прийому даних використовують технології CSD (Circuit Switched Data), GPRS (General Packet Radio Service) та EDGE [23].

З використанням даних технологій можливо досягти швидкостей у бездротовій передачі: CSD – 9,6 кбіт/с; GPRS – 53.6 кбіт/с; EDGE – 384 кбіт/с.

Розвитком технології GSM є технологія UMTS (3G, 4G) [24]. Використовуючи напрацювання технології W-CDMA, UMTS дозволяє досягти швидкості передачі даних на в теорії до 21 Мб/с (HSPA+). Для мобільних станцій типу R99 досить високою швидкістю вважається 384 кбіт/с, проте на фоні станцій, що працюють з технологією HSDPA така швидкість викликає посмішку, адже швидкість передачі даних по бездротовій мережі з використанням таких станцій досягає 7,2 Мб/с. Покриття UMTS зараз доступно по всій нашій країні, на відміну від LTE, саме тому воно є більш стабільним.



Серед усіх розглянутих вище технологій найкращою є технологія UMTS, так як вона забезпечує найшвидшу передачу даних. Крім того саме таке покриття є найбільш розповсюдженим в нашій країні та забезпечує адекватну швидкість передачі даних.

### **3.2 Способи передачі даних за допомогою технології GSM**

В [25, 26] проведено аналіз використання різних, доступних технологій бездротової передачі даних в дефектоскопії, та запропоновано оригінальне рішення даного питання. При розгляданні більшості методів передачі даних не використовуючи дріт було виявлено, що радіус охоплення території, що можливо контролювати за допомогою даних технологій обмежується сотнями метрів. Для максимального розширення відстані, на якій можливо виконувати збір інформації про стан ОК та подальшою передачею її на сервер, може бути використано GSM. Коли використовується GSM передавати дані можна трьома способами:

- SMS (Short Message Service), короткі текстові повідомлення;
- З використанням голосового каналу HSCSD (High Speed Circuit Switched Data);
- Передавати дані в вигляді пакетів інформації GPRS (General Packet Radio Service).

Раніше SMS була дуже популярна серед користувачів мобільних телефонів, особливо серед молоді. Але для передачі великих об'ємів даних вона не підходить. Проте використовуючи SMS можливо надавати команди або інформацію необхідну для виконання певними службами, такі команди повинні бути короткими, наприклад IP-адресу та MAC-адресу і т.п.. Серед переваг використання такого способу передачі даних є: простота використання, низька вартість послуг(залежить від оператора стільникового зв'язку), добре пророблена логістика доставки повідомлень. Серед недоліків потрібно виділити: відсутність гарантії швидкої доставки повідомлення, невелике число символів у повідомленні.

Технологія HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), дозволяє виконати передачу даних з високою швидкістю та реалізувати обмін даними будь-якого обсягу між двома прийомо-передатчиками. При цьому таке спілкування можливо у реальному часі, з'єднання в такому випадку відбувається в форматі "точка-точка". Серед переваг, як вже сказано в назві є більш висока завадостійкість та швидкість. Швидкість якої можливо досягти з використанням одного голосовому каналу GSM (режим CSD) становить 9600 Кбіт/с, а з використанням багатоканального режиму HSCSD 19 200 Кбіт/с і вище [26]. Серед недоліків такого типу підключення є значна вартість послуг та неоднорідна тривалість часу підключення, тому при передачі малих обсягів даних використання такого способу є нерентабельним.

Як найкраще для передачі великих об'ємів даних виглядає технологія GPRS. Серед її переваг слід виділити постійне підключення абонента до мережі, тобто при використанні даної технології є наявним активний каналу зв'язку. Під час передачі пакета даних клієнту надано фізичний радіоканал, який в іншим часом використовується для передачі даних інших. При використанні такого методу користувач не займає фізичний канал передачі даних постійно, як у режимах CSD і HSCSD, тому і витрачає кошти лише за використання мережі, а не за час. Як наслідок дуже велике зниження вартості передачі великих об'ємів даних. Технологія GPRS є оптимальною коли використовуються системи з безперервним контролем ОК або промислових ліній, контролю стану рухомих та стаціонарних об'єктів. Технологія GPRS теоретично може досягати швидкості обміну даними в 170 Кбіт/с. [26]

Якщо розглянути всі способи передачі даних за допомогою технології GSM, то найперспективнішим буде використання саме технології GPRS, а конкретніше її сучасного розвитку – технології UMTS. В даній роботі передбачено використання даної технології для відправки даних на сервер, де вони зберігаються та стають доступними іншим операторам системи неруйнівного контролю.

### 3.3 Приклади патентів та приладів з використанням GSM модулів

Серед прикладів використання GSM модулів можна розглянемо розробку В.В. Карпинського та В.Ф. Петрика[26] (рис. 5).

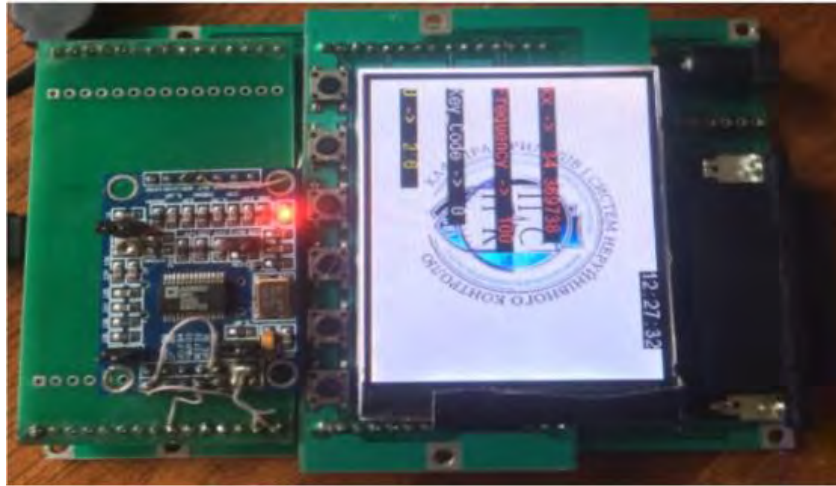


Рис. 5 Макет розробленої системи контролю з бездротовою передачею даних

Розроблений пристрій має зручну та пластичну систему передачі, приймання та обробки даних. Даний прилад має можливість передавати дані про ОК на безліч різних пристроїв, в тому числі в хмаринкове сховище, тобто WEB сервер. Крім того дана розробка має можливість зберігати дані на знімних носіях для подальшої обробки. Система була розроблена з використанням мікроконтролера STM32F7 ядром якого виступає Cortex-M7, що має архітектуру ARM. Пристрій має в своїй конструкції синтезатор частоти побудований на базі ЦАП AD9850, що має робочий діапазон 1Гц - 40 МГц. Використання такого підходу до формування зондуючого сигналу дозволяє використовувати датчики самих різних типів і конфігурацій. Передача даних про стан ОК виконана з використанням технології Wi-Fi, що реалізується за допомогою модуля ESP 8266. Через використання такого підходу до передачі даних про стан об'єкта контролю з'являється можливість обробляти інформацію на значних відстанях від ОК на комп'ютері, смартфоні, електронному планшеті. Також в даному пристрої реалізовано можливість запису даних з бездротового сенсору на змінний FLASH носій. Для

приймання, обробки та виведення оброблених даних про стан ОК на комп'ютері використовується LabVIEW.

Під час проведення експериментів як пристрій для передачі та прийому даних розглянуто стільниковий телефон і та декілька GSM-модемів. В ході експериментів найкраще проявив себе GSM / GPRS-модем Fastrack від компанії Wavecom. Серед переваг даного модему є: підтримка більшості сучасних протоколів передачі та прийому даних, низькі вимоги до стабільності джерела живлення, досить висока чутливість приймача та велика потужності передавача. Серед функцій, що були реалізовані в даній розробці можна виділити:

- Моніторингу стану первинного перетворювача оператора GSM в режимі реального часу;
  - накопичення миттєвих значень параметрів ОК подальшої обробки в цілях технічного обліку;
  - постійна перевірка всіх показників сенсору та переконання, що вони знаходяться у допустимих межах, в разі виходу за них - сигналізування про це через GPRS-канал та SMS;
  - Опитування середніх значень, що нараховувались за годину вимірюваних параметрів з певною періодичністю та надсилення їх в базу за допомогою GPRS;
  - Передача миттєвих значень параметрів, що вимірюються в базу даних при прийомі голосового;
  - Програмування та налаштування сенсору відбувається при прийомі CSD виклику;
  - Реалізовано автоматичне перемикання стільникової мережі на доступну, якщо основна знаходиться поза зоною доступу.

### **3.4 Обґрунтування вибору Bluetooth технології для сполучення сенсора зі смартфоном**

Організація каналів передачі інформації в неруйнівному контролі має високу актуальність, зокрема при створенні автоматизованих систем збору і передачі даних. Бездротова передача даних, як один з варіантів, дозволяє скоротити витрати часу на здійснення контролю об'єкта, зменшити кількість обслуговуючого персоналу при спостереженні за значно віддаленими об'єктами, які можуть мати як велику протяжність в разі трубопроводів, так і просто знаходитись далеко від центру контролю.

В розділі 2 проведено аналіз можливих технологій бездротової передачі даних в дефектоскопії. Оскільки Bluetooth технологія є енергоефективною та є в кожному смартфоні було прийнято рішення використовувати саме її для сполучення сенсору зі смартфоном. І проводити подальшу обробку сигналу на смартфоні, з можливістю відправити результати контролю на сервер за допомогою наявних в смартфоні бездротових інтерфейсів.

## 4. Розробка складових дефектоскопу

### 4.1 Опис структурної схеми приладу

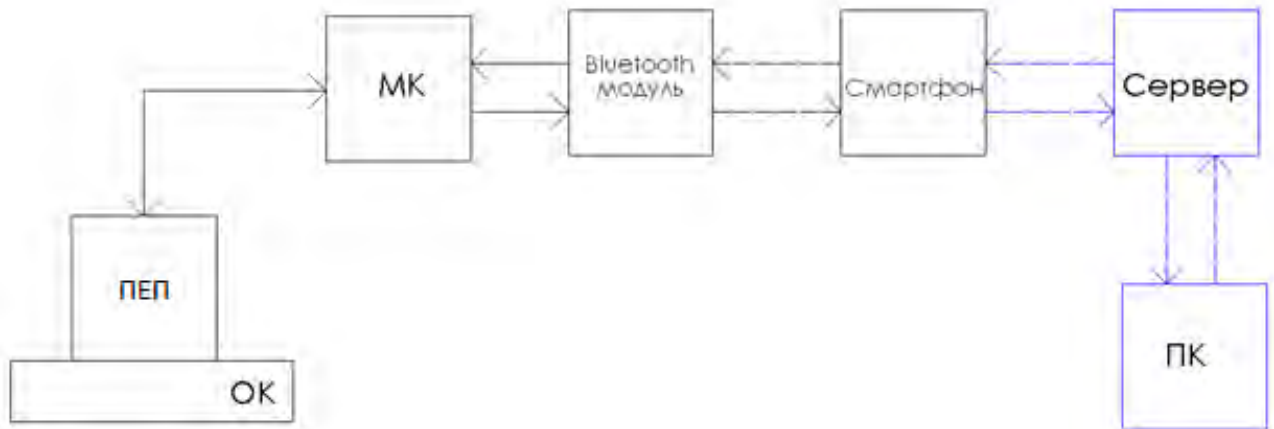


Рис. 6 Структурна схема розроблюваного приладу

Суть пропонованої розробки полягає в тому, що при використанні примітивного датчика, який складається з первинного перетворювача (ПЕП), мікроконтролера, як блоку управління сенсором та модуля передачі даних, що реалізує bluetooth технологію ми отримуємо функціонал повноцінного дефектоскопу, який має можливість оброблювати отриманий сигнал, формувати звіти за налаштуваннями користувача та синхронізуватися з хмаринковими сервісами для передачі даних. Це можливо завдяки використанню смартфона в системі. Сигнал з первинного перетворювача надходить до АЦП, де оцифровується, та через usart інтерфейс мікроконтролера надходить до bluetooth модуля. Bluetooth модуль формує пакет даних, що в свою чергу надсилається на смартфон, для подальшої обробки. Також смартфон може виступати в якості ретранслятора, для обробки даних на значній відстані (до сотень та тисяч кілометрів).[27-30]

### 4.3 Опис складових ультразвукового сенсору з бездротовим інтерфейсом



Рис. 7 УЗ сенсор з бездротовим Bluetooth інтерфейсом

На рисунку 7 зображено бездротовий сенсор до складу якого входять: мікроконтролер, генератор ударного збудження, аналого-цифровий перетворювач, мікросхема Bluetooth та її антенна. Розберемо кожен з вузлів окремо. Почнемо з мікроконтролера (рис. 8).



Рис. 8 Мікроконтролер STM32F407GT6

Для коректної роботи сенсору, а саме забезпечення роботи в режимі реального часу, контролер повинен мати можливість працювати з АЦП за допомогою технології DMA (direct memory access). Підключення до АЦП з використанням такою технології відбувається в режимі peripheral-to-memory. Використання даної технології дозволяє АЦП спілкуватися з пам'ятю

напряму, обходячи центральний процесор, що дозволяє значно підвищити швидкість обміну даними.

При проектуванні сенсору до АЦП було висунуто певні вимоги, а саме робота при низькій напрузі та можливість працювати з частотою дискретизації від 30МГц. Тому в якості АЦП використовується модель від Texas Instruments ADC08060 (рис. 9).



Рис. 9 Аналого-цифровий перетворювач ADC08060

В якості bluetooth модуля була обрана модель від компанії Microchip, а саме RN4771U (рис.10).



Рис. 9 Bluetooth модуль RN4771U



Даний модуль обладаний bluetooth інтерфейсом версії 5.0 та не це стало головним при його обранні. Так як і АЦП контролер bluetooth мав бути максимально компактним, і дана моель повністю відповідає вимогам, адже її повний розмір разом з антенною складає всього лише 6x8 мм. Крім того, він також працює на дуже низьких напругах та обладнаний інтрефейсом uart.

Розглянувши основні компоненти приладу перейдемо до дослідження його роботи та порівняння з вже існуючими рішеннями.

#### 4.4 Дослідження розробленого дефектоскопу

На рис.11 зображено «зібраний» дефектоскоп.

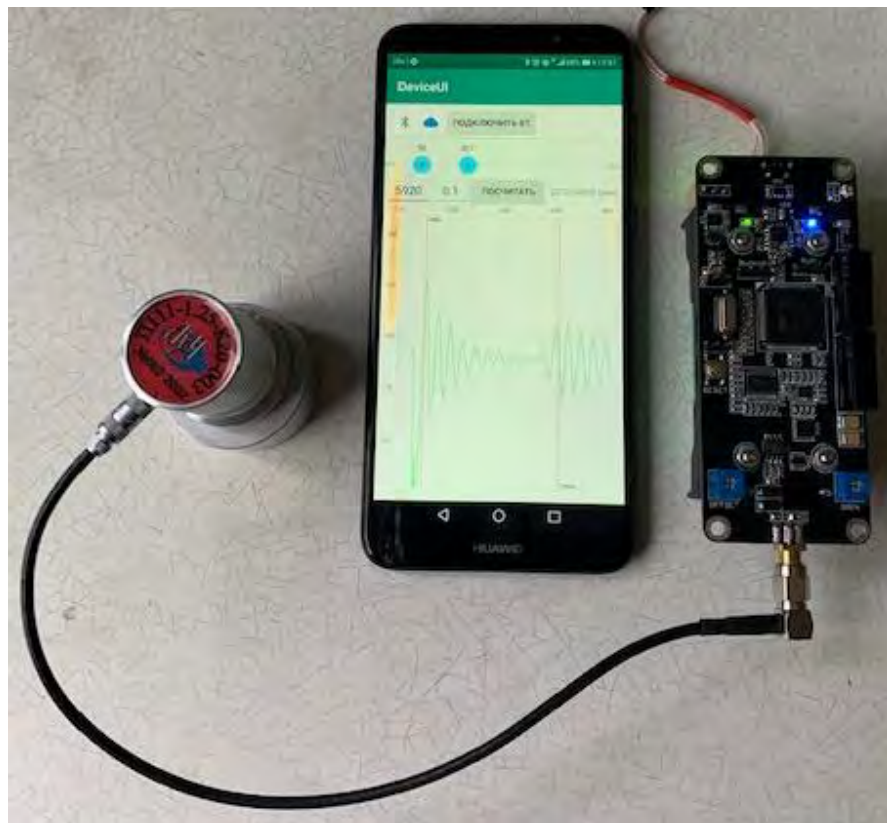


Рис. 11 УЗ дефектоскоп з обробкою даних на смартфоні

Перед початком проведення експериментів ознайомимося з принципами роботи програми та її можливостями. Для цього встановлюємо програму на будь-який смартфон під управлінням Android не менше ніж версії 8.0, це одна з вимог для коректної роботи програми. Також для повноцінної роботи смартфон повинен мати бездротові інтерфейси передачі даних, такі як:

Bluetooth, Wi-Fi, HSPA+ (3G), LTE (4G). Після встановлення, запускаємо програму.

На рис. 12 зображено стартове меню програми, яке ми побачимо одразу після запуску додатку. В стартовому меню додаток виконає перевірку на те, чи готовий смартфон до приймання даних з сенсору, та якщо на девайсі не активовано bluetooth запропонує його активувати.

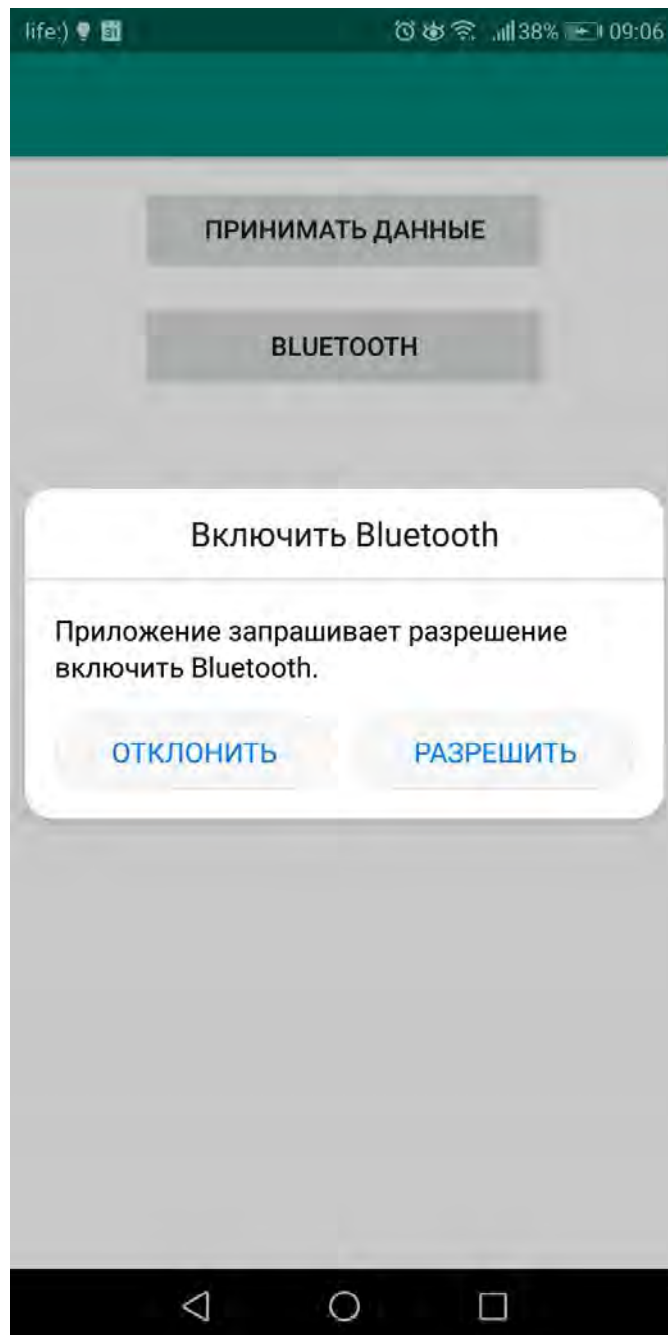


Рис. 12 Экран проверки на готовность смартфона до работы

Після того, як додатку буде дозволено ввімкнути bluetooth ми перейдемо до меню вибору підключення (рис. 13). Якщо на даному етапі не дати додатку ввімкнути bluetooth, то програма спитає дозволу на це ще раз, коли ми перейдемо на сторінку роботи з сенсором.



Рис. 13 Основне меню програми

На даному етапі у нас є можливість обрати яке з підключень нам необхідно на даний момент. А саме, чи ми будемо приймати дані безпосередньо з Bluetooth сенсору, чи з серверу. Другий спосіб підключення необхідний, якщо ми моніторимо ситуацію не на «місці», а знаходячись на значній відстані.

Розглянемо обидва сценарії роботи. Спершу виконаємо підключення до сенсору. Для цього обираємо пункт Bluetooth (рис.14).

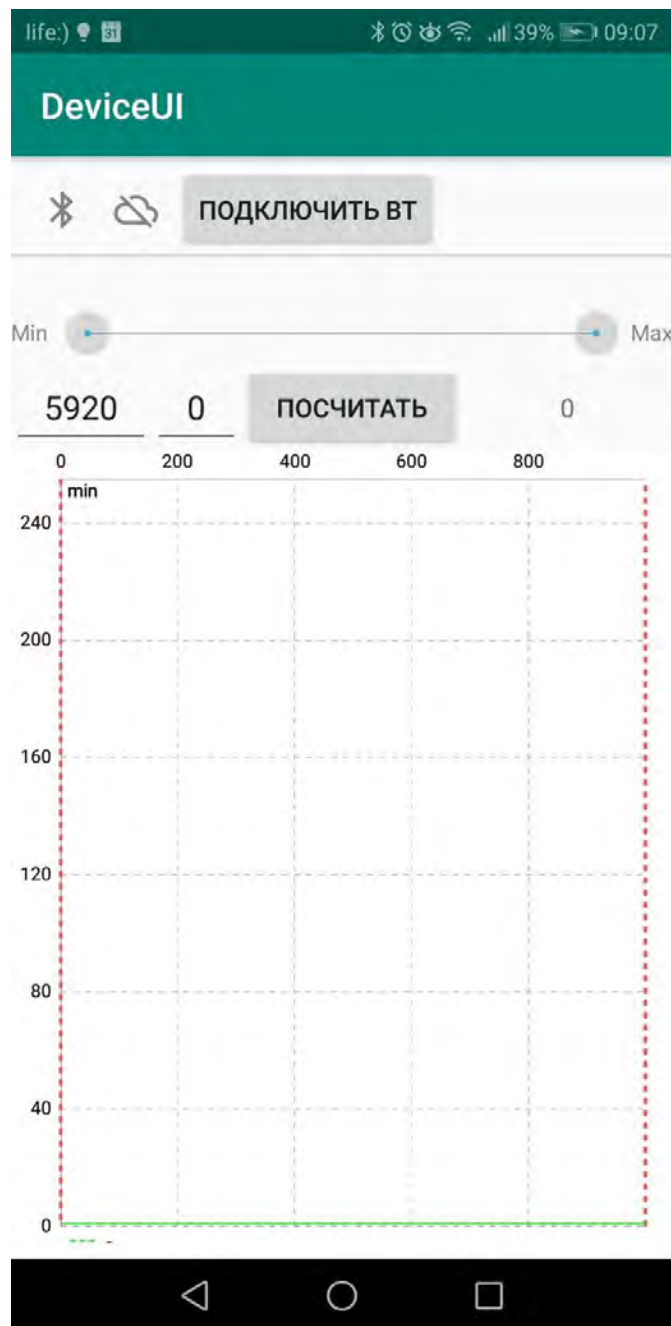


Рис. 14 Екран роботи з Bluetooth сенсором

На даному екрані ми бачимо область представлення даних, що надходять з сенсору у вигляді графіку. Сам сенсор надсилає пакет даних на смартфон двічі в секунду. Кожен наступний пакет даних змінює попередній для комфортного відображення інформації. Для підключення сенсору необхідно натиснути кнопку «підключить BT» (рис. 15).

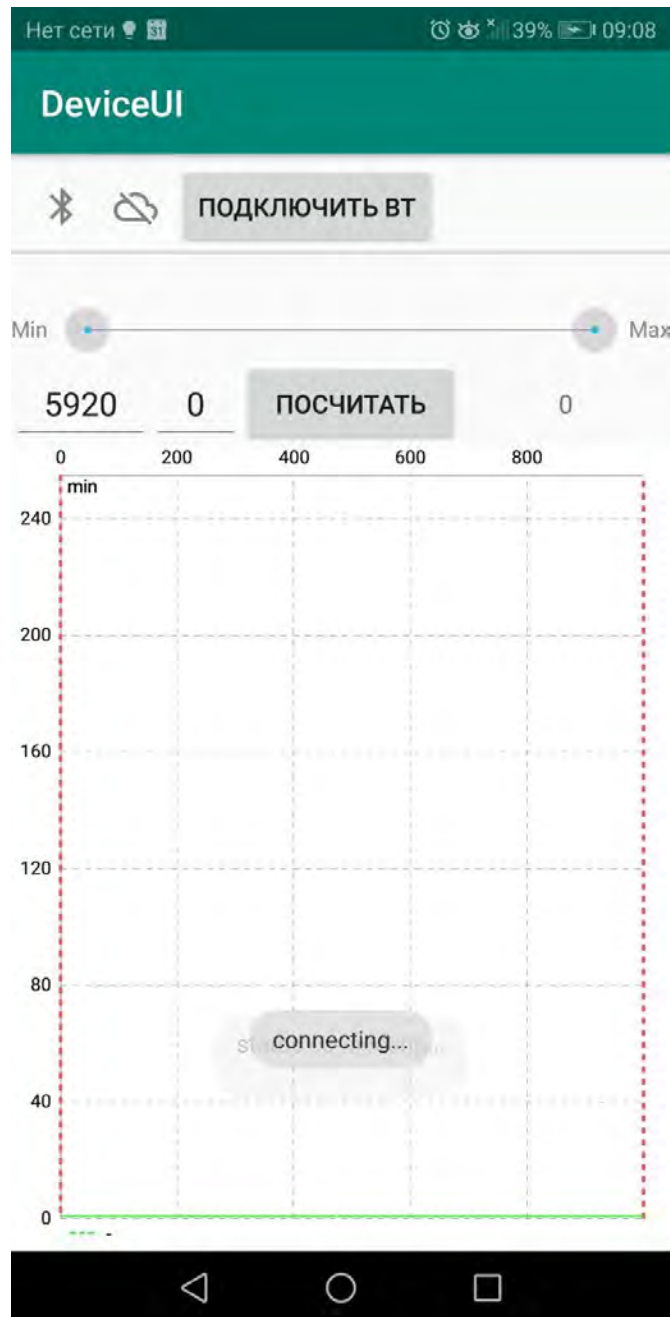


Рис. 15 Підключення Bluetooth сенсору до смартфона

При успішному з'єднанні ми побачимо дані (у графічному представленні), що надсилає сенсор (рис. 16).

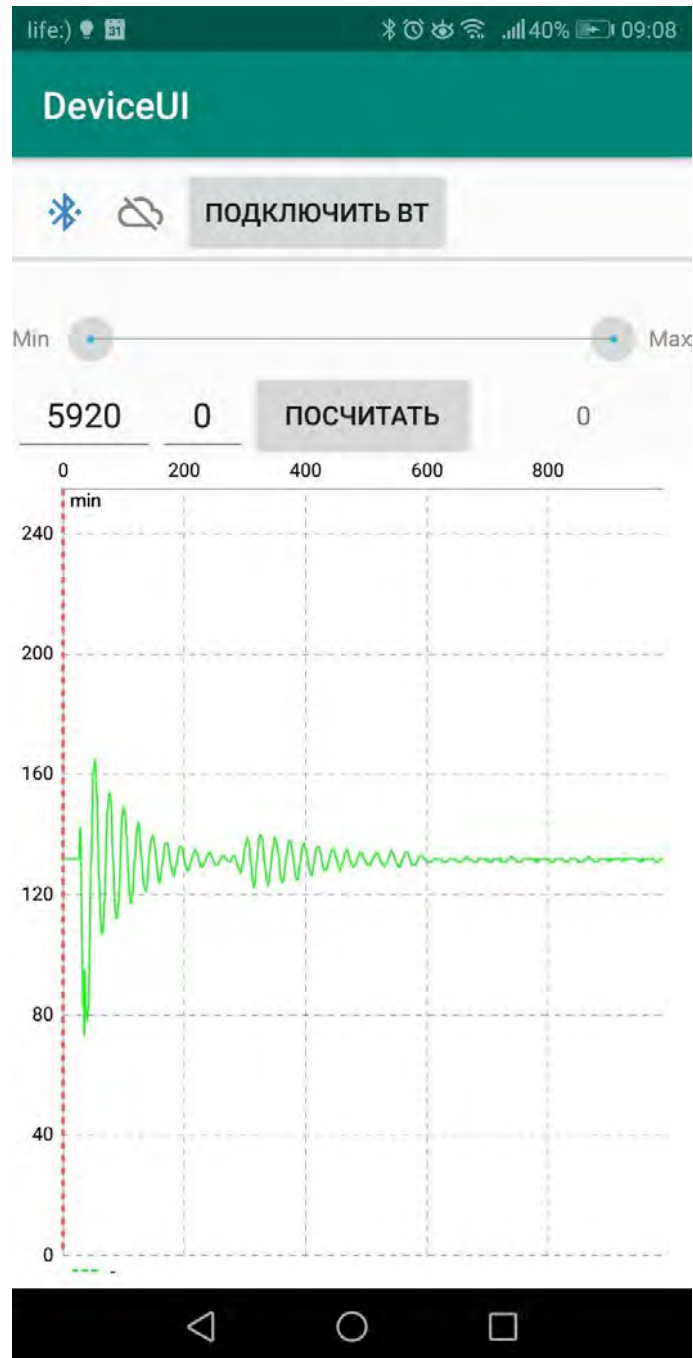


Рис. 16 Сигнал, що отримує смартфон з Bluetooth сенсору

Пакет даних, що ми отримаємо з сенсору складається з тисячі точок. Ці точки відкладені по горизонталі характеризують часову складову сигналу, а відкладені по вертикалі, амплітудну. Де 0 це 0 В а 255 – 2.5 В.

Також ми бачимо шкалу з min та max, за допомогою пересування повзунків ми обираємо необхідні нам опорні точки для проведення вимірів. Одразу над графіком (рис.17) ми бачимо поля для задання швидкості УЗ (в червоному прямокутнику) в метрах в секунду (за замовчуванням встановлена швидкість УЗ в сталі 5920 м/с), поле для введення величини протектору в ПЕП (в зеленому прямокутнику), задається міліметрах, поле виведення обрахованого результату (в синьому прямокутнику). Результат виводиться розрахунків наводиться в міліметрах.

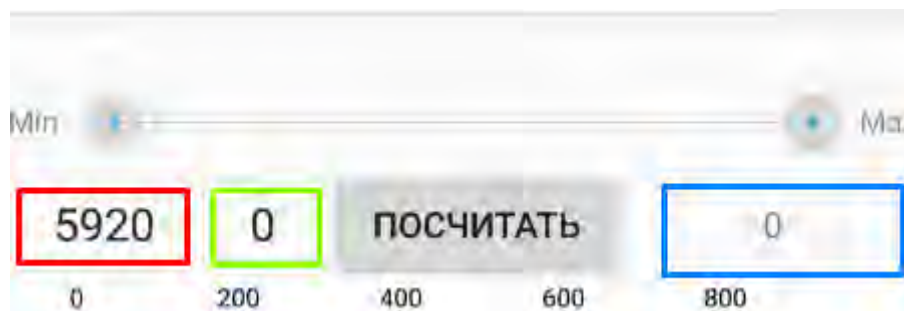


Рис. 17 Розташування елементів керування

Обираючи необхідні для подальшого виміру точки можемо провести розрахунок товщини ОК, або визначити відстань до дефекту (рис. 18). Перед початком вимірів необхідно:

- Перевірити підключення сенсору до смартфона(при коректному підключенні значок Bluetooth в лівій верхній частині програми буде підсвічуватися синім);
- Нанести на ОК контактну рідину;
- Притиснути перетворювач до ОК;
- Використовуючи повзунки обрати точки, між якими буде проводитися вимірювання;
- В необхідні поля ввести, значення швидкості ультразвуку, що поширюється у ОК (задається у м/с), значення товщини протектору на ПЕП, зазвичай 0,1 (задається у мм);
- Натиснути кнопку «Посчитати» ;



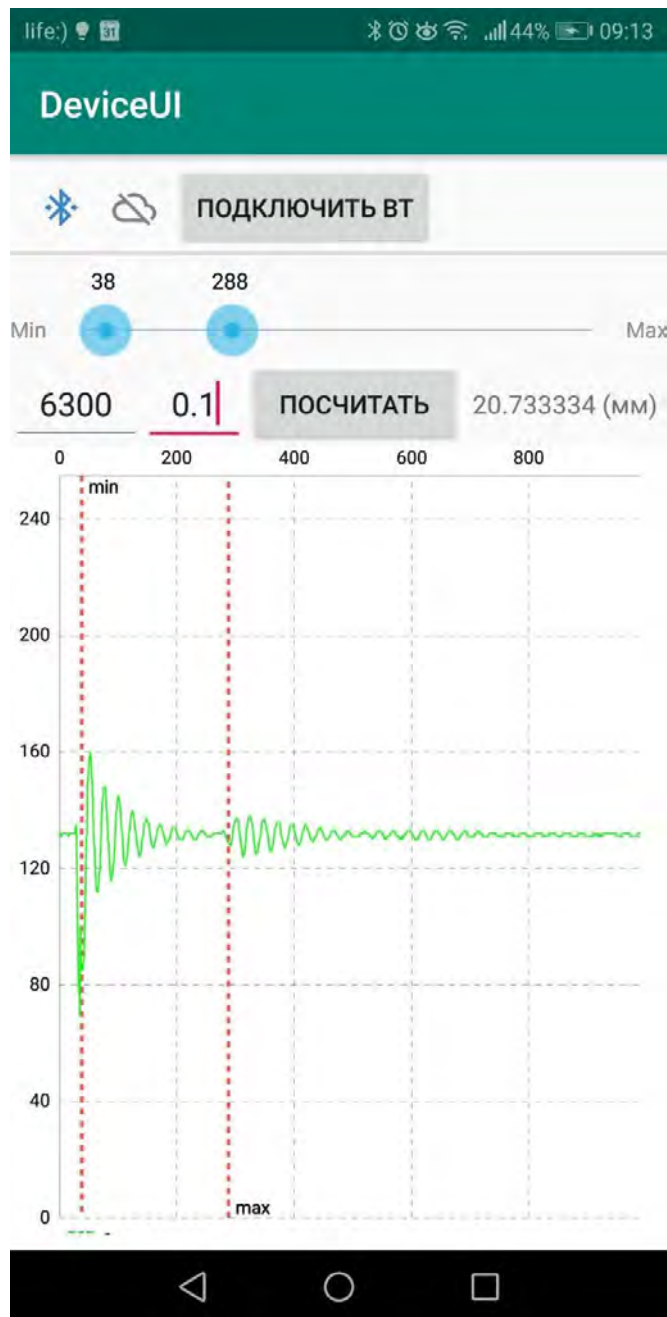


Рис. 18 Розрахунок товщини ОК

На рис. 18 бачимо результати розрахунків на деталі, що досліджується. Після завершення розрахунків та роботи з приладом, програму можна просто закрити.

Якщо ми проводимо контроль на значній відстані, то на екрані вибору підключення до сенсору обираємо пункт «приймає данные». В такому випадку смартфон підключається до серверу і приймає дані від сенсора, які



були передані в хмаринкове сховище (рис. 19). В такому випадку роботи смартфон, що підключений до Bluetooth сенсору виконує роль ретранслятора даних, а вся обробка виконується на іншому девайсі.

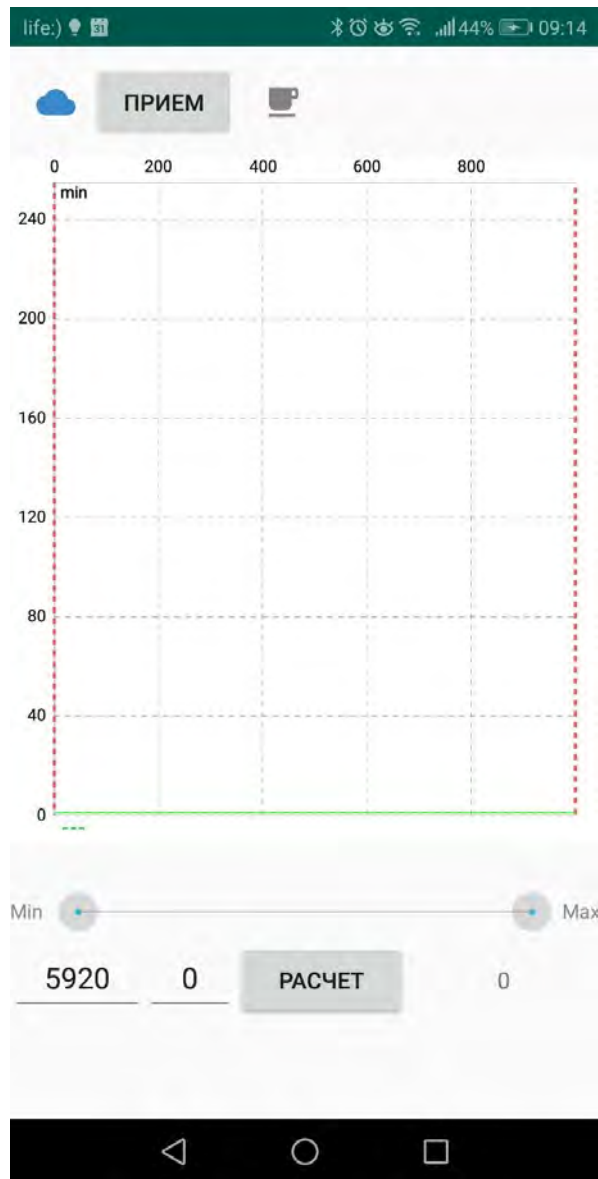


Рис. 19 Екран роботи з сигналом прийнятим з сервера

На даному екрані органи управління такі самі, як і при роботі безпосередньо з сенсором, але вони зміщені донизу. Зверху ж знаходиться кнопка «прием» котра відповідає за прийом даних з серверу. Під час підключення до серверу позначка чашки поряд з кнопкою зміниться на хмаринку зі стрілочкою всередині. Це буде означати, що зв'язок з сервером встановлено і дані приймаються успішно (рис. 20).

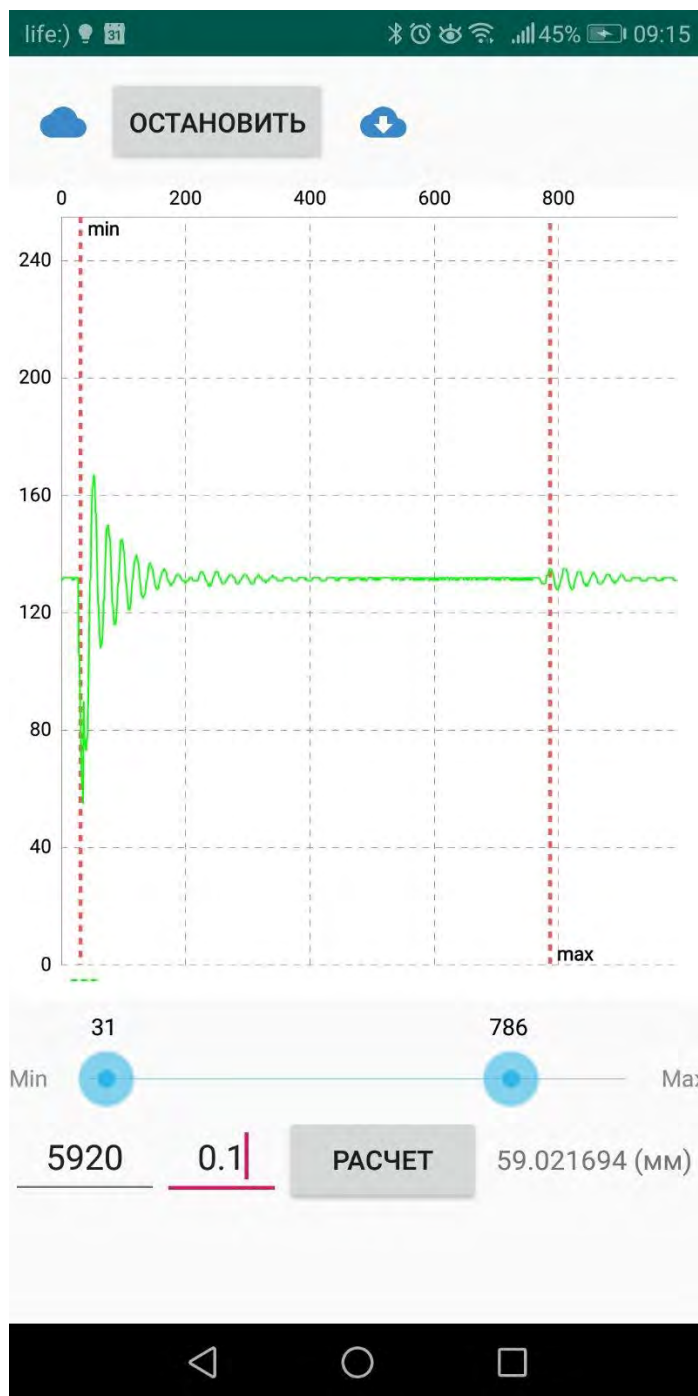


Рис. 20 Прийом та робота з даними від сервера

При натисканні кнопки «остановить» (рис. 20) прийом даних з сервера призупиниться, а замість хмаринки зі стрілочкою з'явиться чашка, що символізує перерву. Роботу з отриманим сигналом можна продовжити навіть якщо на сервер не надходять нові дані з сенсору. В хмаринковому сховищі знаходиться останній прийнятий сигнал.

Сам процес контролю був проведений за допомогою стандартних зразків з алюмінію та сталі.

В таблиці 4.4.1 наведено результати контролю товщини розроблюваного дефектоскопу.

Табл. 4.4.1 Результати контролю товщини алюмінієвих зразків розробленим дефектоскопом

Товщина зразка, номінальна (мм)	Розроблюваний дефектоскоп (мм)	Розроблений дефектоскоп, абсолютна похибка вимірювання (мм)	Розроблений дефектоскоп, відносна похибка вимірювання (%)
40	39.9	0.1	0.25
20	20.15	0.15	0.75
9	9.16	0.16	1.7
5	5.65	0.65	13

При розгляданні результатів бачимо, що при контролі великих товщин похибка контролю мінімальна, а при зменшенні товщини вона зростає. Це зв'язано з не досконалістю сенсора, які можливо легко усунути у його наступній генерації. Через відносно невисоку частоту зондувального імпульсу контролю дефектів великого розміру, та контролю деталей великих товщин дуже точний, але при цьому страждає роздільна здатність та контроль деталей малої товщини.

Розглянемо результати контролю товщини тих же алюмінієвих зразків, проведених за допомогою УЗ дефектоскопа УДЗ – 71.

Табл. 4.4.2 Результати контролю товщини алюмінієвих зразків за допомогою УДЗ – 71

Товщина зразка, номінальна (мм)	УДЗ – 71 (мм)	УДЗ – 71, абсолютна похибка вимірювання (мм)	УДЗ – 71, відносна похибка вимірювання (%)
40	40.36	0.36	0.9
20	19.6	0.4	2
9	9.04	0.04	0.44
5	5.39	0.39	7.8

За результатами проведених вимірів складемо порівняльну таблицю (табл. 4.4.3), де побачимо різницю між даними двома дефектоскопами.

Табл. 4.4.3 Порівняльна таблиця результатів контролю товщини алюмінієвих зразків

Товщина зразка, номінальна (мм)	Розроблений дефектоскоп, відносна похибка вимірювання (%)	УДЗ – 71, відносна похибка вимірювання (%)
40	0.25	0.9
20	0.75	2
9	1.7	0.44
5	13	7.8

Розглянувши результати порівняння виконаних вимірювань бачимо, що розроблений дефектоскоп на великих товщинах більш точний в порівнянні з показаннями УДЗ – 71, а при зменшенні товщини йому поступається. Проте слід зазначити, що виміри на УДЗ – 71 проводилися з використанням більш високих частот зондувального імпульсу та методом виміру товщини між

двома донними імпульсами, що прибирає вплив на вимірювання товщини ОК товщини протектора ПЕП.

Проведемо також дослідження пошуку дефектів на сталюму зразку (рис. 21). Сам дефект має глибину залягання 14 мм та радіус 1 мм.



Рис. 21 Стальний брусок з дефектами

Розглянемо результати контролю даного стандартного зразка та зведемо результати в порівняльну таблицю (табл. 4.4.4.).

Табл. 4.4.4. Порівняльна таблиця результатів пошуку дефекту на стандартному зразку зі сталі

	Глибина залягання дефекту (мм)	Абсолютна похибка вимірювання (мм)	Відносна похибка вимірювання (%)
Розроблений дефектоскоп	13.99	0.01	0.071
УДЗ – 71	14.32	0.32	2.28

Розглядаючи результати дефектоскопії бачимо, що завдяки можливостям розробленого дефектоскопу го гнучкому налаштуванню інтервалу для вимірювань можна підвищити точність дефектоскопії на порядок, при цьому допустивши незначну втрату в швидкості проведення контролю. Якщо ж зважати на сучасний розвиток технологій в області машинного навчання в майбутньому можливо позбутися і цього недоліку, значно піднявши швидкість проведення дефектоскопії.

Для того, щоб перевірити повторюваність показань проведемо вимірювання товщини деталі ще раз, візьмемо деталь товщиною 40 мм (рис.22). Для цього проведемо п'ятдесят вимірів товщини деталі, адже саме починаючи від такої кількості показань точність можна вважати прийнятною.



Рис. 22 Закон розподілу якому підкоряються отримані показання

На даному графіку бачимо, що отримані результати вимірів підкоряються нормальному закону розподілу. Знати закон розподілу якому підкоряються отримані показання необхідно для статистичної обробки результатів[31].

При статистичній обробці багаторазових показань вирішуються три проблеми:

- визначення області невизначеності експериментальних даних;
- знаходження більш точного, усередненого результату вимірювання;
- оцінювання похибки отриманої невизначеності.

#### 4.5 Висновки до розділу

За результатами експериментів видно, що як і конструкція сенсору так і використання смартфона в якості блоку приймання та обробки сигналів, що надходять по бездротовому інтерфейсу повністю себе виправдовує. А при вдосконаленні програмного забезпечення та покращенні конструкції датчику можливо отримати систему дефектоскопії, що буде на голову вище більш дорогих та складних аналогів. Крім того завдяки активному розвитку штучного інтелекту та розробок таких провідних компаній як Qualcomm та Huawei вже зараз на ринку доступні мобільні рішення чіпсетів з пришвидшеною роботою програм, що використовують машинне навчання. З використанням штучного інтелекту можливо не тільки підвищити швидкість проведення контролю, а й додати автоматичне розпізнавання дефектів за величиною, та формою. При цьому ринок даних рішень лише розвивається, тому ступінь використання даного обладнання в задачах неруйнівного контролю якщо і не безмежний, то близький до цього. Разом з використанням бездротових інтерфейсів які стають все більш перешкодостійкими та енергоефективними використання смартфонів як блоку обчислення та управління є більш ніж виправданим, можна навіть сказати, що за такими схемами розробки устаткування майбутнє.

## 5. Розроблення стартап-проекту «Дефектоскоп з віддаленою обробкою даних»

### 5.1 Опис ідеї проекту

В основу ідеї стартап-проекту [32] покладено систему ультразвукового неруйнівного контролю, яка відрізняється від наявних на ринку методом індикації та обробки інформації, отриманої в ході контролю, що суттєво підвищує мобільність приладу та його точність, а також надає широку можливість для подальшого покращення обробки результатів контролю, в тому числі з використанням штучного інтелекту. Дана система може виступати як для контролю під-поверхневих дефектів в металевих виробках, так і для контролю товщини лакофарбових покриттів. Дана система може запропонувати кінцевому користувачеві компактність вихрострумового товщиноміра та потужність і багатофункціональність ультразвукового дефектоскопу. Крім того, користувач отримує можливість переглядати результати контролю, що проводиться знаходячись при цьому в будь-якій точці планети де є інтернет.

Результат аналізу ідеї стартап-проекту наведено в таблиці 5.1.

Табл. 5.1 Опис ідеї стартап-проекту

<i>Зміст ідеї</i>	<i>Напрямки застосування</i>	<i>Вигоди для користувача</i>
Ультразвукова система контролю з обробкою даних на смартфоні	Контроль металевих та неметалевих виробів, пошук дефектів у сталевих виробках	Підвищена мобільність
		Можливість проводити неруйнівний контроль на значній відстані

Оскільки прямих конкурентів у системи немає, то для того, щоб побачити переваги та недоліки даної системи контролю порівнюємо її параметри з деякими наближеними до неї аналогами, наявними на ринку.



Конкуренти:

Конкурент 1 – Ультразвуковий багатоканальний дефектоскоп ОКО - 22М – UT

Конкурент 2 – Вихрострумний багатоканальний дефектоскоп Eddyson D

Конкурент 3 – дефектоскоп вихрострумний ВД – 90НП

Табл. 5.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характеристи ки ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторон а)	N (нейтра льна сторона )	S (сильна сторона )
		Мій проект	Конкур ент1	Конкур ент2	Конкур ент3			
1.	Вартість, грн	20000	105000	95000	71000			+
2.	Габарити	+	-	-	+		+	
3.	Застосування до широкого діапазону ОК	+	+	+	+		+	
4.	Мінімальний розмір дефекту	0,2 мм.	0,6 мм.	0,2 мм.	0,1 мм.		+	

З табл. 5.2. видно, що запропонований проект не поступається аналогам по основним характеристикам.

## 5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Табл. 5.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Ідея проекту</i>	<i>Технології реалізації</i>	<i>Наявність технологій</i>	<i>Доступність технологій</i>
1	Ультразвукова система контролю з обробкою даних	Виготовлення на підприємстві на замовлення	Наявна	Доступна
2	на смартфоні	Виготовлення своїми силами	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Частково комплектуючі для системи будуть виготовлятися на замовлення у сторонніх підприємств, а програмне забезпечення та апаратну модифікацію є можливість виконувати самостійно.				

Роздивившись технології реалізації проекту побачимо, що вони є вільному доступі, їх одержання не потребує додаткових дозволів, а реалізація програмного забезпечення залежить лише від обізнаності в даному напрямку. Але при виготовленні масових партій приладу є деякі проблеми, а саме необхідність налаштування системи на апаратному рівні. Проте даний недолік може бути усунений при калібровці приладу програмним шляхом вже користувачем.

В наступних ітераціях системи буде розглянуто можливість виконати не тільки самостійну розробку бездротового сенсору та програмного забезпечення, а й часткової розробки апаратної частини смартфона. Це буде зроблено для того, щоб покращити якісні можливості смартфона в обробці сигналу, що надходить з сенсору. Також такий підхід дозволить розширити можливості в підключенні сенсору до смартфона.

Результати технологічного аудиту показують, що дану ідею можна реалізувати шляхом використання наявних на ринку технологій, які є доступні автору проекту.

### 5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Проведемо аналіз ринку з метою оцінки потенційних загроз та умов виведення товару на ринок з урахуванням потреб потенційних споживачів та пропозицій конкурентів

Табл. 5.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Показники стану ринку (найменування)</i>	<i>Характеристика</i>
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продажу, грн/ум.од	~5000000 грн.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Перевірка систем на стандартних зразках з метою підтвердження ймовірності контролю/похибок вимірювання
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	65%

Оскільки ринок зростає та не має наявних обмежень досить високу норму рентабельності, можна зробити висновок, що він є досить привабливим для виходу на нього нового гравця.

Визначимо цільову аудиторію, якій можна запропонувати даний товар (табл. 5.5).

Табл.5.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
------------------	-------------------------------------	---	---	--

			<i>цільових груп клієнтів</i>	
	Даний товар задовольняє потреби ринку в компактній та універсальній системі ультразвукового неруйнівного контролю, яку можна застосовувати для контролю широкого спектру металевих та неметалевих виробів	Підприємства середнього розміру, ФОП, які мають проводити контроль на виїзді або контроль виробів складної форми	Відносно недорогі системи неруйнівного контролю зі зменшеними габаритами та підвищеною мобільністю	- до продукції: Універсальність, надійність, компактність - до компанії-постачальника: Якість сервісного обслуговування та надання стабільної підтримки системи під час всього періоду експлуатації

Ринок на який ми хочемо вийти є доволі специфічним, та його особливості можуть чинити деякі перепони новим гравцям на ринку. Однак переваги які має даний проект такі як ціна та висока якість програмної підтримки безперечно сприятиме поширенню даного товару на ринку.

Проаналізуємо фактори загроз та можливостей при виведенні товару на ринок (табл 5.6, 5.7).

Табл. 5.6 Фактори загроз

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1	Технологічний	В нашій країні є значні проблеми зі швидкістю	Оптимізація алгоритмів передачі даних для перегляду результатів в реальному часі

		бездротового зв'язку стільникових операторів	
2	Конкуренція	На ринку товарів з неруйнівного контролю в Україні є досить великі гравці, які складають серйозну конкуренцію	Широка рекламна кампанія в фаховій літературі та на YouTube, з демонстрацією переваг нової продукції
3	Інфляція	Значне підвищення вартості на комплектуючі та послуги сторонніх виробників	Реалізація товару та послуг в більш стабільній іноземній валюті
4	Необхідність сертифікації	Засоби неруйнівного контролю повинні проходити обов'язкову сертифікацію для введення в експлуатацію	Своєчасне подання зразку системи для проходження сертифікації
3	Вміння працювати з обладнанням	Для використання систем неруйнівного контролю та постановки правильного діагнозу інструкції користувача недостатньо	Прийняття на роботу дипломованих спеціалістів для проведення навчальних курсів по користуванню обладнанням

В таблиці 5.6 було визначено деякі фактори основних загроз, що перешкоджають успішному введенню товару на ринок, а також були наведені необхідні дії для зведення до мінімуму цих загроз.

Табл. 5.7 Фактори можливостей

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1	Відсутність аналогічних пропозицій	В даний час на ринку немає систем, що використовували б такий підхід до обробки даних	Зосередження уваги клієнтів на інновації даного підходу

2	Впровадження нових стандартів бездротового зв'язку	Багатократне збільшення швидкості з'єднання між клієнтом та сервером, що зменшить затримки в передачі даних та значно підвищить комфорт користування системою	Оптимізація алгоритмів роботи та стискування даних під нові стандарти
3	Ціна	Клієнт бажає отримати задовольняючу його якість проведення контролю в поєднанні з якомога нижчою ціною	Зосередження уваги покупців на низькій ціні та постійному удосконаленні програмного забезпечення
4	Універсальність	Завдяки тому, що в якості обробника даних виступає смартфон, є можливість використання найрізноманітніших типів датчиків.	Звертання уваги клієнтів на цю перевагу перед конкурентами
5	Мале енергоспоживання	Оскільки на апаратному рівні в конструкцію датчика закладена енергоефективна схема роботи та завдяки використанні батареї з великою ємністю датчик може працювати безперервно до декількох діб	Позиціонування даної системи для контролю точок напруження в навантажених металевих конструкціях

Таблиця 5.7 показує, що пропонований продукт задовольняє всім сучасним напрямкам технічного розвитку, таким як енергоефективність, універсальність мінімальна ціна. При умілому використанні цих переваг компанія швидко знайде свою нішу на ринку.

На ринку неруйнівного контролю, як і на будь-якому іншому присутня конкуренція, тому проведемо аналіз пропозиції ринку, з метою визначення загальної риси конкуренції на ринку (табл. 5.8).

Табл. 5.8 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Вказати тип конкуренції - вільна	Ні один з гравців присутніх на ринку не має можливості серйозно впливати на ціноутворення продукції	Проведення масштабної кампанії по залученню нових клієнтів за рахунок низьких цін
2. За рівнем конкурентної боротьби - національна	Конкуренція між компаніями виробниками охоплює всю територію держави	Зосередитися на найбільш технічно розвинених областях країни
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Конкурують між собою лише представники однієї галузі	Звертання уваги клієнтів на універсальність системи
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова	Конкуренція між товарами, що використовують той, чи інший метод неруйнівного контролю	Підключення до одного смартфона одразу декількох датчиків принцип роботи яких охоплює різні методи неруйнівного контролю
5. За характером конкурентних переваг - нецінова	Головний критерій оцінки систем неруйнівного контролю є достовірність контролю	Покращення елементної бази для досягнення більш точних результатів контролю

6. За інтенсивністю - не марочна	Увага звертається на характеристики товару, а не на марку виробника	Покращення характеристик та надійності виробу з одночасною рекламою нового бренду
-------------------------------------	---	---

З таблиці 5.8 можна судити, що конкуренція на ринку вільна в національних масштабах, та не визначається маркою виробника. Тому немає факторів, які однозначно обмежують вихід на ринок.

Аналіз умов конкуренції в галузі за М. Портером наведено в таблиці 5.9

Табл. 5.9 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	<i>Прямі конкуренти в галузі</i>	<i>Потенційні конкуренти</i>	<i>Постачальники</i>	<i>Клієнти</i>	<i>Товари- замінники</i>
<i>Складові аналізу</i>	ТОВ НВФ «Діагностичні прилади», ДП «Тест», ООО «Ультрак он»	Потенційним и конкурентами є іноземні компанії, що через наближення країни до ЕС можуть прийти на наш ринок	Оскільки друковані плати для системи замовляються в Китаї, то є дуже критичним час поставок	Основними клієнтами є невеликі підприємства та ФОП для яких є критичним питання ціни товару, навіть якщо це шкодить якості	При поточній ситуації на ринку товарів замінників на ньому немає
Висновки	Оскільки прямих конкурентів небагато, слід спостерігати	Є високий ризик виходу нових гравців на національний ринок, потрібно	Постачальник має значний вплив на швидкість та своєчасність виконаної роботи, тому	Слід підтримувати низьку ціну товару при цьому підвищуючи його якість	Фактори загроз відсутні



	ти за їх розробка ми та пропозиціями. Також тримати найнижчі ціни на ринку	закріпитися на ринку до появи на ньому закордонних компаній	рекомендується знайти постачальників друкованих плат в Україні		
--	--	---	--	--	--

З використанням правильного ціноутворення конкуренція з боку головних гравців не стане перешкодою для входження нової фірми на ринок. Головним ускладненням роботи компанії може стати не своєчасність надходження комплектуючих від компаній постачальників.

Проведемо перелік факторів конкурентоспроможності (табл. 5.10)

Табл. 5.10 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ n/n	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Низька ціна на продукт при достатній точності	Система забезпечує досить високу точність вимірів при цьому залишаючись відносно не дорогою
2	Новизна продукції	У системи немає прямих аналогів на ринку
3	Технічна підтримка	Система має повну технічну підтримку під час всього строку експлуатації, що включає в себе оновлення програмного забезпечення для покращення точності та швидкодії системи
4	Універсальність	Завдяки новому підходу до конструювання дефектоскопу з'являється можливість змінювати методи неруйнівного контролю просто замінивши сенсор, що розширює області застосування системи
5	Надійність	Оскільки система складається з сенсору, що на апаратному рівні досить простий та виготовлений з

		надійних, високоякісних комплектуючих система має високу надійність
6	Енергоефективність	Завдяки дуже малій споживаній потужності та великій ємності акумулятора датчик може працювати до декількох діб

Даний продукт має низку переваг перед конкурентами, що робить його доволі конкурентоспроможним на ринку.

Табл. 5.11 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Ультразвукова система контролю з обробкою даних на смартфоні»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1- 20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «Ультразвукова система контролю з обробкою даних на смартфоні»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Низька ціна на продукт при достатній точності	18	+						
2	Новизна продукції	19	+						
3	Технічна підтримка	17				+			
4	Універсальність	19		+					
5	Надійність	18				+			
6	Енергоефективність	19	+						

В таблиці 5.11 наведено ряд переваг перед основними конкурентами, що робить продукт більш привабливим для потенційних клієнтів.

Проведемо SWOT-аналіз стартап-проекту (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 5.12)

Табл. 5.12 SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Низька ціна, Новизна продукції, Технічна підтримка,	Слабкі сторони: Нова компанія на ринку, Точність вимірів
---	--

Універсальність, Надійність, Мобільність Енергоефективність,	
Можливості: Відсутність аналогічних пропозицій на ринку, Впровадження нових стандартів бездротового зв'язку, Випуск нових смартфонів зі штучним інтелектом, що дає змогу значно підвищити ефективність та простоту роботи з системою	Загрози: Поява нових гравців з закордону на державному ринку, зміна курсу гривні, що призведе до зменшення обсягу продажу системи

SWOT-аналіз показує, що сильні сторони проекту домінують над слабкими, які в свою чергу є лише тимчасовими та при подальшому розвитку фірми будуть нівельовані. В свою чергу аналіз показує, що можливості та загрози ще не є реалізованими та мають лише деяку ймовірність здійснення.

На основі SWOT-аналізу визначимо альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту.

Таблиця 5.13 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Строки реалізації</i>
1	Удосконалення програмного забезпечення стартапу	Висока	6-12 місяців
2	Усунення недоліків апаратної частини стартапу	Висока	1-2 роки
3	Вихід з ринку	Низька	

Провівши аналіз альтернативного впровадження стартап-проекту обираємо той, ймовірність отримання ресурсів для якого є більш високою та

строки реалізації якого більш низькі, а саме варіант удосконалення програмного забезпечення стартапу.

## 5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Опишемо цільові групи потенційних споживачів (табл. 5.14)

Таблиця 5.14 Вибір цільових груп потенційних споживачів

<i>№ n/n</i>	<i>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</i>	<i>Готовність споживачів сприйняти продукт</i>	<i>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>Інтенсивність конкуренції в сегменті</i>	<i>Простота входу у сегмент</i>
1	Невеликі підприємства	Висока	Середній	Середня	Середня
2	ФОП	Висока	Високий	Середня	Висока
3	Приватні особи	Низька	Середній	Відсутня	Висока
Які цільові групи обрано: ФОП, Невеликі підприємства					

Отже, за результатами аналізу потенційних груп споживачів ми обрали цільові групи споживачів яким будемо пропонувати розроблену систему.

Згідно з результатами аналізу потенційних груп споживачів обираємо стратегію охоплення ринку, а саме стратегію диференційованого маркетингу.

Визначимось з базовою стратегією розвитку проекту (табл. 5.15)

Табл. 5.15 Визначення базової стратегії розвитку

<i>№ n/n</i>	<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>
1	Удосконалення програмного	Диференційованого маркетингу	Можливість запропонувати споживачеві абсолютно	Стратегія диференціації

	забезпечення стартапу		нові методи обробки отриманих даних	
--	--------------------------	--	--	--

Визначимось з базовою стратегією конкурентної поведінки проекту  
(табл. 5.16)

Табл. 5.16 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Забирати у існуючих конкурентів та шукати нових споживачів	Ні	Стратегія виклику лідера

Табл. 5.17 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Універсальність	Стратегія диференціації	Універсальність	Надійність, простота, універсальність.
2	Надійність		Простота апаратної платформи	

В таблиці 5.17 була визначена стратегія позиціонування, що полягає в формуванні асоціацій за якими кінцевий споживач ідентифікуватиме цей проект.

### 5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Після проведених досліджень ринку, аналізу слабких і сильних сторін товару створимо концепцію товару, згідно з якою товар буде виводитись на ринок, для цього підсумуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару (табл. 5.18)

Табл. 5.18 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
1	Мобільність	Підвищення мобільності системи за рахунок використання бездротового зв'язку між сенсором та смартфоном	На даний момент на ринку немає повноцінних систем неруйнівного контролю, що могли б конкурувати з даним виробом по габаритам
2	Енергоефективність	Завдяки енергоефективним комплектуючим та оптимізації алгоритмів роботи системи вона є досить енергоефективною	На даний момент жоден з конкурентів не може забезпечити такий же рівень автономності системи
3	Віддалена обробка інформації	Завдяки використанню смартфона в якості обробника даних з'являється можливість використовувати для передачі даних всі	У конкурентів немає можливості використовувати одразу декілька бездротових інтерфейсів в одній системі

		наявні в ньому бездротові інтерфейси	
--	--	---	--

В таблиці 5.18 наведено ключові переваги нашого рішення перед аналогами від конкурентів.

Створимо трирівневу маркетингову модель товару (табл. 5.19)

Табл. 5.19 Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару		Сутність та складові		
I.	Товар за задумом	Система неруйнівного контролю з віддаленою обробкою даних Преваги: Мобільність; Енергоефективність; Надійність;		
II.	Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
		1. Надійність	Нм	Тх
		2. Мобільність	Нм	Тл
		3. Енергоефективність	Нм	Вр
		Якість: ГОСТ 14782-86 Контроль Неруйнівний.		
		Пакування: Коробка з антистатичним покриттям		
		Марка: «МЗ Автоматизація» Система неруйнівного контролю ВС1		
III.	Товар із підкріпленням	До продажу: Гарантія 3 роки або 1000 годин безперервної роботи		
		Після продажу: підтримка програмним забезпеченням		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Товар буде захищено від копіювання за рахунок використання шифрування в кодах основних програм, та блокування пам'яті мікроконтролера на апаратному рівні. Також товар буде захищений авторськими правами.				

Табл. 5.20 Початкові витрати проекту

№ з/п	Стаття витрат	Обсяги витрат в 0-й рік, тис. грн.
1	Розробка проектних матеріалів	1
2	Робоче проектування і прив'язка проекту	3
3	Витрати на придбання обладнання та устаткування та пристроїв	20
4	Витрати на приймально-здавальні випробування	2.5
5	Витрати на придбання нематеріальних активів	6
6	Оплата юридичних послуг	4
7	Витрати на передвиробничі маркетингові дослідження і створення збутової мережі	5
8	Витрати, пов'язані з формуванням команди	2.54
Разом		44.04

Табл. 5.21 Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	~45000 грн.	~90000 грн.	~1000000 грн/рік	40000/18000 грн.

Табл. 5.22 Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Одиночні замовлення	Оформлення заявки на купівлю товару, та доставка товару	Висока	Поштучний продаж продукції



Табл. 5.23 Концепція маркетингових комунікацій

<i>№ п/ п</i>	<i>Специфіка поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Канали комунікацій , якими користують ся цільові клієнти</i>	<i>Ключові позиції, обрані для позиціонування</i>	<i>Завдання рекламного повідомлення</i>	<i>Концепція рекламного звернення</i>
1	Попередні домовленості про замовлення товару	Особисті бесіди при замовленні товару	Ціна; Надійність; Універсальність;	Донести до потенційних покупців переваги товару	Особисті зустрічі з потенційними клієнтами та пропонування їм товару

Отже, в даному розділі було визначено ключові переваги розробки, прорахована концепція маркетингових комунікацій, та запропонована система збуту продукції.

### 5.6 Висновки до розділу

Дослідження виявили можливість комерційного успіху проекту, що обумовлений наявністю попиту на мобільні системи неруйнівного контролю. Також в ході аналізу було підтверджено рентабельність проекту через високу окупність. Хоча при оцінці витрат на розробку стартап-проекту вони виявилися значно більшими ніж очікувалося, проте при успішному запуску системи дані витрати будуть повернені сторицею. Незважаючи на конкуренцію певного рівня, на ринок можливо вивести дану продукцію через високу зацікавленість клієнтів. У продукту є можливість подолати наявні труднощі для виходу на ринок такі як: обов'язкова сертифікація продукту, неможливість зафіксувати ціну через нестабільність гривні.

В процесі досліджень було обрано і альтернативну ринкову поведінку, а саме удосконалення програмного забезпечення для існуючого стартапу. Крім того, при використанні сучасних розробок апаратної частини проекту є

можливість серйозно, підвищити функціонал розробленої новинки, а значить підняти зацікавленість клієнтів. Серед особливостей виконаної розробки було визначено декілька основних параметрів на які, завдяки проведеному дослідженню, буде зроблено ставку при поширенні проекту серед потенційних клієнтів.

Серед перспектив стартапу є як підвищення вірогідності контролю за рахунок покращення апаратної бази так і розширення функціональності самої системи за рахунок модернізації програмного забезпечення системи. Серед покращень розробленого проекту також слід відмітити використання різних методів неруйнівного контролю для контролю одного і того ж ОК, що дасть більш повну картину про стан контрольованого об'єкту та позитивно вплине на весь стартап-проект в цілому.

## **Висновки**

Використання смартфонів як повноцінних міні-комп'ютерів дозволяє мінімізувати розміри датчика, забезпечити найбільшу підтримку типів датчиків, отримати інтерфейс, котрий постійно оновлюється та додавати нові функції на програмному рівні, не змінюючи апаратну основу. Всі ці переваги може забезпечити саме такий виріб, адже частина, яка відповідає за обробку інформації з датчика є дуже гнучкою. Застосування подібних систем спрощує і прискорює процедуру неруйнівного контролю, та дає змогу автоматизувати формування звітів про проведений контроль, не тільки з одного датчика і не тільки одним методом НК. Крім того, такий підхід є великі перспективи розвитку, адже все більше компаній виробників мобільних чіпсетів додають до своєї продукції апаратні блоки для пришвидшення роботи нейронних мереж. Тому використання штучного інтелекту для виявлення, розпізнавання виду та розміру дефекту є доволі близьким майбутнім в неруйнівному контролі. Також такий підхід до реалізації дефектоскопії дозволяє використовувати для проведення контролю не один метод, а декілька. При цьому обраховувати результати на одному девайсі, та дивитися як вони корелюють між собою. Тому даний дефектоскоп є унікальною та дуже перспективною розробкою в даному напрямку.

## Список використаної літератури

1. Патент України на корисну модель UA 119536 U, G01N 29/00, G01N 29/34 (2006.01), G01N 29/26 (2006.01), H04W 88/04 (2009.01). Мобільний ультразвуковий дефектоскоп / В.Ф. Петрик, А.Г.Протасов, К.М.Серий, С.С.Українець. – № u201703958; заявл. 21.04.2017; опубл. 25.09.2017. – Бюл. № 18/2017.
2. Патент України на корисну модель UA 50968 U, G01N 29/24. Спосіб неруйнівного контролю об'єктів та речовин / О.Л. Кустовський, В.Ф. Петрик. – № u201000374; заявл. 15.01.2010; опубл. 25.06.2010. – Бюл. № 12/2010.
3. Патент України на корисну модель UA 50632 U, G01N 29/00. Ультразвуковий безпроводний дефектоскоп / О.Л. Кустовський, В.Ф. Петрик. № u201005265; заявл. 29.04.2010; опубл. 10.06.2010. – Бюл. № 11/2010.
4. Галаган Р. М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р. М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с.
5. Вихрострумові методи контролю [Електронний ресурс] // 2018 – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/7462455/>.
6. Концепція безпроводної мережі Wi-Fi. [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/7460190/page:14/>.
7. Стандарт IEEE 802.11n [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://wireless-e.ru/standarty/standart-ieee-802-11n/>.
8. Кустовський О.Л. Використання безпроводних технологій передачі даних для вирішення задач у неруйнівному контролі /О.Л. Кустовський, В.Ф.Петрик, К.М. Серий, Д.О.Мельник //Вісник НТУ «ХПІ», серія Електроенергетика і перетворююча техніка: Зб. наук. праць НТУ «ХПІ». Харків. – 2012. – №40.
9. Петрик, В. Ф. Вихретоковый дефектоскоп с беспроводной системой передачи данных / В. Ф. Петрик, В. В. Карпинский // Ключови въпроси

- в сьвременната наука – 2016: материалы XII международна научна практична конференция, 15-22 април 2016. – София : «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2016. – Том 23. – С. 47–48. – Бібліогр.: 2 назви.
- 10.Петрик, В. Ф. Использование беспроводных технологий в дефектоскопии / В. Ф. Петрик, Г. М. Ковтун, Д. М. Топиха // Ж-л «Научни Известия НТСМ» : материалы международной конференции «Дни НК 2014». – Созополь, 2014. – № 150 – С. 486 – 488.
- 11.Петрик, В. Ф. Телеметрический вихретоковый дефектоскоп / В. Ф. Петрик, А. Г. Протасов, А. Л. Дугин // Журнал «Научни Известия НТСМ» : материалы международной конференции «Дни НК 2014», г. Созополь, 09-18 июня, 2014 г. – Созополь, 2014. – № 1(150) – С. 34 – 36. – Бібліогр.: 3 назви.
- 12.Украинец, С. С. Возможность использования беспроводных технологий для проведения дистанционного контроля / С. С. Украинец, В. Ф. Петрик // Новые направления развития приборостроения : материалы 9-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, г. Минск, 20–22 апреля 2016 г. : в 2 т. / Белорусский национальный технический университет ; редкол. О. К. Гусев [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 1. – С. 207. – Библиогр.: 2 назв.
- 13.Мельник, Д. О. Використання безпроводних технологій передачі даних для вирішення задач у неруйнівному контролі / Д. О. Мельник, В. Ф. Петрик // 3-я науково-практична конференція студентів і молодих вчених «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання», м. Івано-Франківськ, 29-30 листопада 2011 року. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2011. – С. 107-108.
- 14.Дугін, О. Л. Мобільний вихрострумний дефектоскоп / О. Л. Дугін , О. Л. Кустовський, В. Ф. Петрик // XX-та Міжнародна конференція та виставка «Сучасні методи та засоби неруйнівного контролю та технічної діагностики», м. Гурзуф, 01 - 05 жовтня 2012 р. – Гурзуф : УІЦ «Наука. Техніка. Технологія», 2012. – С. 239.

15. Экспериментальное исследование вихретоковой системы контроля крупногабаритных изделий / Ю. В. Куц, В. Ф. Петрик, Ю. Ю. Лысенко, А. Л. Дугин // Научни известия на НТСМ : материалы международной конференции «Дни НК 2013». – 2013. – № 2(139). – С. 72–75. – Библиогр.: 5 назв.
16. Лисенко, Ю. Ю. Исследование импульсной вихретоковой системы контроля диэлектрических покрытий / Ю. Ю. Лисенко, Ю. В. Куц, В. Ф. Петрик, О. Л. Дугин // Журнал «Научни Известия НТСМ»: материалы международной конференции «Дни НК 2014», 09-18 червня, 2014 р. – Созополь, 2014. – № 150 – С. 28–30.
17. Кустовський, О. Л. Бездротовий акустичний дефектоскоп / О. Л. Кустовський, В. Ф. Петрик, Р. С. Савченко // Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання : матеріали II науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 25–26 листопада 2009 року. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2009. – С. 79.
18. Розробка та дослідження мобільних ультразвукових дефектоскопів : звіт про НДР (заключ.) НТУУ «КПІ» ; кер. роб. В. Ф. Петрик . – К., 2015. – 43 л.
19. Українець, С. С. Передача даних за допомогою GSM технологій в системах неруйнівного контролю / С. С. Українець, В. Ф. Петрик, О. А. Повшенко // Погляд у майбутнє приладобудування: матеріали 10-ї міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених, м. Київ, 16–17 травня 2017 р. / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – С. 122. – Библиогр.: 2 назви.
20. Petryk, V. Study of a mobile eddy current flaw detector / Valentyn Petryk, Olexandr Povshenko // CUTTING-EDGE SCIENCE – 2018 : materials of the International XIII scientific and practical conference, Sheffield, April 30–May 7, 2018. – Sheffield : «Science and aducation» LTD, 2018. – Volume 20. – Pp. 19–22.

21. Petryk, Valentyn. Defectoscope Based on Modern Mobile Devices / Valentyn Petryk, Anatolii Protasov // Збірник тез доповідей XVIII Міжнародної науково-технічної конференції «Приладобудування: стан і перспективи», 15-16 травня 2019 року, м. Київ / ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 160.
22. Petryk, V. Wireless data transmission in ultrasonic nondestructive testing = Беспроводная передача данных в ультразвуковом неразрушающем контроле / Valentyn Petryk, Anatoliy Protasov, Kostiantyn Syeryu, Serhiy Ukrainec // Ж-л «Научные известия на НТСМ»: материалы международной конференции «Дни НК 2017». – Созополь, 2017. – №1 (216). – С. 121–123.
23. Saily M. GSM/EDGE: Evolution and Performance./ M. Saily, G.Sébire, E. Riddington// 2010. - 504 pp.
24. Петрик В.Ф. Мобильный вихретоковый дефектоскоп с беспроводной системой передачи данных / В. Ф. Петрик, А. Л. Дугин, В. В. Карпинский. // Scientific Proceedings. – 2016. – №187. – С. 43–45.
25. Петрик В.Ф. Использование беспроводных технологий в дефектоскопии / Петрик В.Ф., Ковтун Г.М., Топиха Д.М. // Ж-л «Научни Известия НТСМ»: материалы междуна. конф. «ДниНК 2014», 2014р, – Созополь, 2014. – № 150 – С. 486 – 488.
26. The Eddy Current Flaw Detector With The Wireless Data Transmission System = Мобильный вихретоковый дефектоскоп с беспроводной системой передачи данных / В. Ф. Петрик, А. Л. Дугин, В. В. Карпинский, Ю. Ю. Лисенко // Журнал «Научни Известия НТСМ» : материалы международной конференции «Дни на безразрушительния контрол 2016», г. Созополь, 2016 г. – Созополь, 2016. – № 1(187) – С. 43–45.
27. Миргородський О. О. Бездротова передача даних в задачах неруйнівного контролю та автоматизації / О. О. Миргородський, В. Ф. Петрик // XI Науково-практична конференція студентів та аспірантів «Погляд у

- майбутнє приладобудування», 15-16 травня 2018 р., м. Київ, Україна : збірник статей / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ. – Київ : Центр учбової літератури, 2018. – С. 438–440.
28. Petryk, V. Ultrasound Flaw Detector Based on a Mobile Phone / Valentyn Petryk, Anatolii Protasov // CUTTING-EDGE SCIENCE – 2019 : materials of the International XV scientific and practical conference, Sheffield, April 30–May 7, 2019. – Sheffield : «Science and aducation» LTD, 2019. – Volume 14. – P. 64–66.
29. Барановський, Д. В. Бездротовий ультразвуковий дефектоскоп / Д. В. Барановський // XII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 15-16 травня 2019 р., м. Київ, Україна : збірник праць / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 346–349. – Бібліогр.: 6 назв.
30. Миргородский, А. А. О расширении возможностей беспроводных технологий в задачах неразрушающего контроля / А. А. Миргородский, В. Ф. Петрик // Новые направления развития приборостроения : материалы 10-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, г. Минск, 26–28 апреля 2017 г. : в 2 т. / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: О. К. Гусев [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 1. – С. 92.
31. В. Ф. Петрик Метрологія, стандартизація та сертифікація в неруйнівному контролі: Навчальний посібник / В.Ф.Петрик, А.Г. Протасов, К: НТУУ "КПІ". – 2015. – 266 с.
32. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.



